

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
„КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування

До захисту допущено

Завідувач кафедри

_____ **О.В.Гондлях**

«_____» _____ 2020 р.

Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра

з напрямку підготовки *133 – Галузеве машинобудування*

на тему: **Агрегат для виробництва рукавної плівки з модернізацією екструдера**

Студент групи IV к. ЛП-61-1 Дзекунов Гліб Олександрович

Керівник проекту: _____ к.т.н., доцент Васильченко Г.М. _____
(вчена ступінь, звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Консультанти

ТЕХ. МАШ. _____ ст.викл. Борщик С.О. _____

ПЕРЕВІРКА НА СХОЖІСТЬ _____ д.т.н., проф. Щербина В.Ю. _____

РЕЦЕНЗЕНТ _____ к.т.н., доц. кафедри МАХНВ Степанюк А. Р. _____

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____ **Дзекунов Г.О**
(підпис)

Київ 2020 рік

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата								
Разраб.	Дзекунов				Агрегат для виробництва рукавної полімерної плівки з модернізацією екструдера				Лит.	Лист	Листов	
Провер.	Васильченко										1	
Н. Контр.									НУТУ “КПІ ім. Ігоря Сікорського”, ІХФ ХПСМ			
Утверд.												

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інженерно-хімічний факультет

Кафедра хімічного, полімерного і силікатного машинобудування

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки – 133 – Галузеве машинобудування

Програма професійного спрямування - Інжиніринг, обладнання та технології виробництв полімерних та будівельних матеріалів і виробів.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

О.В.Гондлях

«__» _____ 2020
р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

ДЗЕКУНОВУ ГЛІБУ ОЛЕКСАНДРОВИЧУ

1. Тема проекту «Агрегат для виробництва рукавної плівки з модернізацією екструдера», керівник проекту Васильченко Геннадій Миколайович доктор технічних наук, професор, затверджені наказом по університету від 25.05.2020 р. № 1145-с
2. Термін подання студентом проекту 11.06.2020 р.
3. Вихідні дані до проекту: об'єкт розробки – лінія для виробництва рукавних плівок; габаритні розміри: довжина – $L=2,2$ м; діаметр корпусу – 0,20 м; ширина полотна 6м; маса пресу – 300кг; продуктивність 120 кг/год; матеріал– поліетилен; густина матеріалу - 970 кг/м^3 ; ширина рукава - 6000; початкова температура – 20°C ; кінцева – 200°C .
4. Зміст пояснювальної записки: Пояснювальна записка містить такі текстові частини: «Пояснювальна записка», «Розрахунки» і «Технологія машинобудування», «Загальні висновки», «Перелік посилань», «Додатки». ПЗ включає такі розділи: Вступ; 1 Призначення і галузь застосування екструдера; 2 Технічні характеристики черв'ячного пресу; 3 Опис конструкції та призначення черв'ячного пресу; 4 Літературний та патентний огляд стану питання, обґрунтування запропонованої модернізації; 5 Охорона праці та навколишнього середовища; 6 Очікувані механіко-економічні показники; Висновки.

						Арк.
						2
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників)

1. Технологічна схема А1; 2. Загальний вигляд машини А1; 3. Вузли та деталі машини А2 (базові та після модернізації; 4. Плакат з розрахунками

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Тех. машинобудув.	Борщик С.О.		
Перевірка на схожість	Щербина В.Ю.		

Дата видачі завдання: 14.04.2020 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Отримання завдання на дипломне проектування.	14.04.2020	
2	Проходження переддипломної практики.	13.04-17.05.2020	
3	Патентно-літературний пошук для здійснення модернізації вузла ролика. Обґрунтування модернізації.	20-23.04.2020	
4	Виконання кінематичних та параметричних розрахунків.	24-28.04.2020	
5	Підготовка розділу «Пояснювальна записка».	29.04-5.05.2020	
6	Виконання порівняльних розрахунків НДС вузла ролика з використанням програмних продуктів ANSYS.	5-15.05.2020	
7	Підготовка розділу «Розрахунки».	16.05.202	
8	Підготовка розділу «Технологія машинобудування».	17-22.05.2020	
9	Робота над кресленнями з використанням CAD-системах .	23.-5-3.06.2020	
10	Захист дипломного проекту.	15-18.06.2020	

Студент

Г.О. Дзекунов

						Арк.
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

Керівник проекту

Г.М. Васильченко

						Арк.
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

Зміст

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ:	7
Реферат	8
Abstract	9
РОЗДІЛ I Пояснювальна записка до дипломного проекту на тему Агрегат для виробництва рукавної плівки з модернізацією екструдера	10
Вступ	11
2. Технічна характеристика базової машини	15
3.2 Короткий опис пристрою лінії	17
3.2 Вибір матеріалів для виготовлення основних вузлів і деталей апарата	23
4 Літературний та патентний огляд стану питання, обґрунтування запропонованої модернізації	24
4.1. Літературний огляд стану питання	24
4.3 Висновки про виконання регламенту пошуку	27
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	27
ВИСНОВОК	38
РОЗДІЛ II Розрахунки	40
I. РОЗРАХУНКИ ЯКІ ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ТА ОСНОВНІ ГЕОМЕТРИЧНІ РОЗМІРИ	41
1. КІНЕМАТИЧНІ ТА ПАРАМЕТРИЧНІ РОЗРАХУНКИ	41
1.1. Розрахунок геометрії черв'яка	41
1.2 Продуктивність машини по зоні дозування з розрахунком впливу голівки	42
1.3. Розрахунок потужності приводу	45
2. ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК	47
НА МІЦНІСТЬ	50
3.1. Розрахунок корпусу	50
3.2. Розрахунок на міцність черв'яка	59
3.3. Розрахунок елементів головки на міцність	62
3.4. Розрахунок черв'яка на жорсткість	65
3.5. Розрахунок черв'яка на кручення	67
3.6. Розрахунок черв'яка на стійкість	67
3.7. Розрахунок черв'яка на витривалість	68

РОЗДІЛ III Технологія машинобудування.....	70
1. Технологія машинобудування	71
1.1 Опис та призначення деталі	71
1.2. Вибір заготовки для виготовлення деталі	72
1.3. Технологічний процес виготовлення деталі	72
2. Вибір типу пристосування для фрезерування поверхні Ø90 H7	74
2.1. Опис конструкції і принцип роботи пристрою	75
2.2. Розрахунок сил закріплення	76
Висновки.....	77
Перелік посилань	78
ДОДАТОК А ТАБЛИЦЯ РОЗГЯНУТИХ ПАТЕНТІВ.....	80
ДОДАТОК Б Розрахунок на ЕОМ.....	84
ДОДАТОК В ОСОБИСТІ ДОСЯГНЕННЯ	89
ДОДАТОК Г	92
Специфікації	96

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ:

G – масові втрати, кг/с;

t – температура, °С;

p – тиск, МПа;

D, d – діаметри, м;

ρ – густина,

G – масові втрати, кг/с;

t – температура, °С;

p – тиск, МПа;

D, d – діаметри, м;

ρ – густина, кг/м³;

λ – теплопровідність, Вт/(м·К);

μ – динамвчний коефіцієнт в'язкості, Па·с;

m – маса, кг;

L - довжини черв'яка, мм;

N - потужність двигуна, кВт;

P - потужність нагрівників, кВт;

$T_{поч}$ - початкова температура матеріалу, °С;

$T_{кін}$ - температура розплаву на виході, °С;

e - ступінь чорноти корпусу машини;

F - площа зовнішньої головки, м²;

n – кількість оборотів червяка, об/хв;

E – модуль пружності, Мпа.

Критерії:

Re – критерій Рейнольдса;

Pr – критерій Прандтля.

Реферат

Бакалаврський дипломний проект на тему «Агрегат для виробництва рукавної плівки з модернізацією екструдера», що в повному обсязі складається з

пояснювальної записки та графічної частини: 86 с., 4 рисунків, 3 таблиць, 2 додатків, 12 джерел; 4 креслень, 1 плакат.

Об'єкт проектування – агрегат для виробництва рукавної плівки з модернізацією екструдера.

Мета роботи: розробка та проектування згідно технічному завданню

Агрегата для виробництва рукавної плівки з метою покращення його продуктивної ефективності та збільшенням зносостійкості.

У дипломному проекті розглянуто принцип роботи та конструкцію

Червячного преса, який використовується у технологічній лінії підготовки

Рукавної плівки. На основі аналізу технічних параметрів і характеристик

роботи червячного преса, виконано параметричний та кінематичний

розрахунок і варіативні розрахунки з використанням програмного забезпечення Mathcad. Результати

розрахунків підтверджують доцільність запропонованої модернізації.

Недолік базової голівки екструдера у тому, що при роботі з матеріалом під час операцій могло виникати передчасне спінення матеріалу у голівці. З метою усунення цього недоліка проведено літературно-патентний пошук та запропоновано модернізацію голівки, що полягає у наявності додаткового дорна.

Ключові слова: МОДЕРНІЗАЦІЯ, РОЗРАХУНКИ, АГРЕГАТ, РУКАВНА ПЛІВКА, ПАКУВАННЯ, ЧЕРВЯЧНИЙ ПРЕС, ГОЛІВКА

						Арк.
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Abstract

Bachelor's thesis project on "Unit for the production of hose film with modernization of the extruder", which consists entirely of explanatory note and graphic part: 86 pp., 4 figures, 3 tables, 2 applications, 12 sources; 4 drawings, 1 poster.

The object of design is a unit for the production of hose film with modernization of the extruder.

Purpose: development and design according to the terms of reference

Unit for production of a hose film for the purpose of improvement of its productive efficiency and increase of wear resistance.

The diploma project considers the principle of operation and design

Worm press, which is used in the technological line of training

Sleeve film. Based on the analysis of technical parameters and characteristics worm press work, parametric and kinematic

calculation and variable calculations using Mathcad software. Results calculations confirm the feasibility of the proposed modernization.

The disadvantage of the base head of the extruder is that when working with the material during operations could occur premature foaming of the material in the head. In order to eliminate this shortcoming, a literary-patent search was conducted and the modernization of the head was proposed, which consists in the presence of an additional mandrel.

						Арк.
						9
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ І

Пояснювальна записка до дипломного проекту на тему
Агрегат для виробництва рукавної плівки з модернізацією
екструдера

						Арк.
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		1

Вступ

Лінія для виробництва рукавних плівок ЛРП 90-2100/6000, призначена для випуску поліетиленових плівок шириною полотна від 2100 до 6000 мм, змотаних в рулон у вигляді рукава, напіврукава (рукав, що розрізає по всій довжині з одного боку або посередині), полотна (рукав, що розрізає по всій довжині з двох сторін).

Область застосування – на діючих, реконструюються і знов будуються підприємствах, що випускають поліетиленові плівки методом екструзии рукава з роздуванням.

Саме знання особливостей виготовлення плівок дає можливість забезпечити задану її товщину, рівнотовщинність полотна, зберегти і навіть покращити комплекс фізико – механічних та експлуатаційних властивостей початкових полімерних матеріалів.

Вид кліматичного виконання лінії УХЛ4 по ГОСТ 15150-69

Система контролю і регулювання температури призначена для роботи в сухих опалювальних приміщеннях при температурі навколишнього повітря від +18 до +30 С і відносної вогкості повітря не більше 80%, при температурі +30 С, атмосферному тиску від 84 до 106,7 кПа.

Лінія призначена для експлуатації в умовах закритих приміщень зони класу П-Іа по ПУЕ, изд. 6. Категорія виробництва "В" по СН і П 2.09.02-85.

						Арк.
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		1

1. Призначення та галузь застосування лінії.

Лінія, розроблена в цьому дипломному проекті, призначена для виготовлення рукавної полімерної плівки. Матеріал, з якого виготовлена плівка - поліетилен високого тиску. Плівка, що випускається на цій лінії, призначена для виготовлення мішків з відкритою горловиною для транспортування та зберігання сипучих матеріалів.

У екструдері готується розплав, який подається через формуючу головку, яка утворює заготовку. Утворена заготовка надувається повітрям, яке подається через отвори у формувальній головці. Певна кількість повітря закривається в рукаві. Цей об'єм надуває рукав. Рукав охолоджується повітрям. Далі надутий рукав переводиться в плоску форму за допомогою пластин і надходить в тяговий пристрій. Після направляючого валика плівка потрапляє в пристрій обмотки.

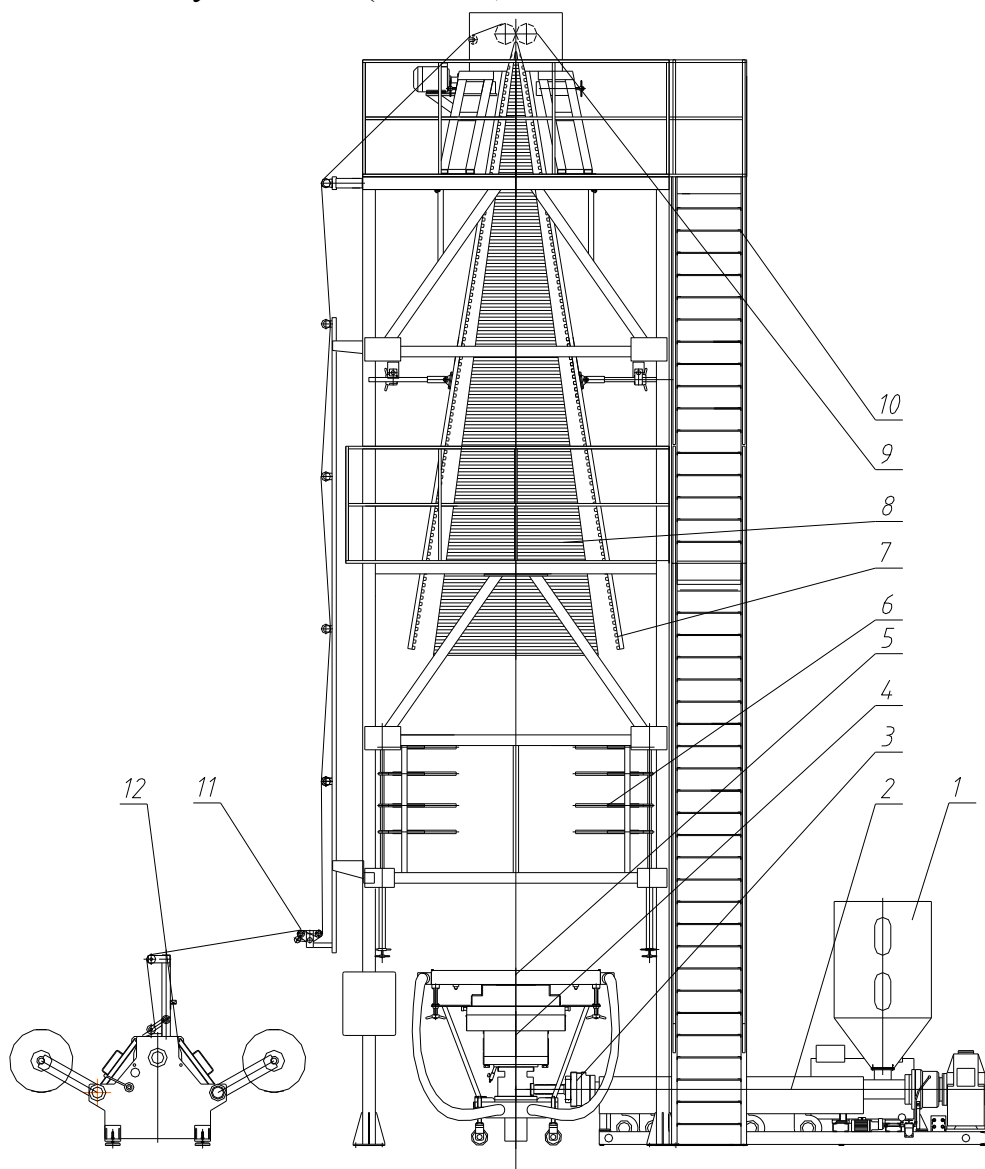
У лінійці використовується фільтрувально-рідке охолодження втулки, а отже, схема виробництва плівки з витяжкою вниз. Рідке охолодження може значно зменшити розміри системи охолодження та збільшити продуктивність.

						Арк.
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		1

1.1 Опис технологічного процесу виробництва рукавних плівок

Лінія ЛРП 90-2100/3000, індекс (мал. 1.1) складається з наступних основних машин і пристроїв:

- бункери (поз. 1);
- преса одностороннього ЧП 90×30 (поз. 2);
- фільтру (поз. 3);
- головки кільцевої гвинтової (поз. 4);
- кільця охолоджуючого (поз. 5);
- пристрою стабілізуючого (поз. 6);
- пристрою складаючого (поз. 7);
- пристрої фальцовочного (поз. 8);
- пристрою тяги (поз. 9);
- естакади (поз. 10);
- пристрої обрізання кромки (поз. 11);
- верстат намотувальний (поз. 12).



Виробництво рукавної плівки (мал. 1.1) здійснюється методом екструзії через кільцеву плівкову головку з подальшим роздуванням по схемі від низу до верху.

Послідовність технологічних операцій при роботі лінії наступна. Подача сировини в бункер (поз. 1) екструдера одночерв'ячного ЧП 90×30 (поз. 2) здійснюється завантажувачем гранул. Гранульований матеріал з бункера через завантажувальну воронку подається в зазор між черв'яком і рифленою втулкою екструдера. Подовжні пази рифленої втулки і інтенсивне водяне охолодження зони завантаження усувають обертання гранул полімеру, що подається, разом з черв'яком і повідомляють їм поступальний рух, що дозволяє ущільнити їх до густини монолітного матеріалу перед надходженням в зону дозування. В зоні дозування полімер під дією механічної енергії черв'яка і теплової енергії електронагрівачів, розташованих на циліндрі, розплавляється, переміщується і у вигляді однорідної маси проходить через фільтр (поз. 3) і видавлюється з кільцевої головки (поз. 4) у вигляді трубчастої заготовки. Під дією охолоджуючого повітря, що подається за допомогою кільця охолоджуючого (поз. 5) на зовнішню поверхню заготовки, відбувається охолодження заготовки, що роздувається. Плівковий рукав за допомогою стабілізуючого пристрою (поз. 6), що сформувався, фіксується у вертикальному положенні таким чином, що його подовжня вісь проходить через центр формуючого кільцевого зазора голівки. Проходячи через складаючий пристрій (поз. 7), рукав сплющується і захоплюється тягнучим пристроєм (поз. 9). При необхідності отримання складеного вчетверо рукава спільно з складаючим пристроєм використовується пристрій фальцовочний (поз. 8). Далі рукав через систему відхилюючих роликів, встановлених на естакаді (поз. 10), поступає через пристрій обрізання кромки (поз. 11) на верстат намотувальний, де відбувається намотування плівки у вигляді рукава або полотна в рулон.

						Арк.
						1
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Технічна характеристика базової машини.

Технічні характеристики приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1.

Найменування параметра	Значення параметра		При м.
	Проек- не	Фактич.	
1. Максимальна продуктивність при екструзії плівки номінальної завтовшки 0,1.0,2 мм і шириною рукави до 6000 мм, кг/год	300		
2. Максимальна ширина плівки в розгорненому вигляді, мм, не більш	6000		
3. Граничні відхилення по товщині плівки, мм	ГОСТ 17811– 78		
4. Граничні відхилення по ширині плівки (з обрізанням кромки), мм	±5		
5. Максимальна ширина рулону з плівкою, мм	2000		
6. Зовнішній діаметр рулону з плівкою, мм, не більш	600		
7. Лінійна швидкість прийому плівки, м/мін	0,5. 17		
8. Встановлена потужність, кВт, не більш	240		
9. Споживана потужність, кВт, не більш	190		

10.Струм живлячої сіті – змінний трифазний з глухо заземленою нейтраллю: – напруга, В – частота, Гц Вимоги до якості електричної енергії згідно ГОСТ 13109-87	380/220 50		
11.Воздухопостачання – стисле повітря 7-8 класу забрудненості по ГОСТ 17433-80 – тиск, МПа (кгс/см ²) – об'ємна витрата стислого повітря, м ³ /ч, не більш	0,4.0,6 (4.6) 2,0		
12.Водопостачання – з системи технологічного водопроводу: – тиск, МПа (кгс/см ²) – жорсткість води загальна, мг-екв/л, не більш – об'ємна витрата води, м ³ /ч, не більш – температура єС, не більш	0,4 (4) 7 1,0 25		
13.Габаритні розміри, мм: – довжина – ширина – висота	8550 6200 10700		
14.Маса, кг, не більш	14400		

3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції агрегату

Конструкції черв'ячних стрижнів досить різноманітні [1]. Сьогодні існує безліч варіацій та модернізацій окремих частин черв'ячних стрижнів, які спрямовані на поліпшення якості готової продукції та процесу плавлення та виробництва в цілому. Однак конструкція апарату повинна відповідати

						Арк.
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		1

певним вимогам, які залежать від конкретних умов процесу для конкретного матеріалу (сировини). Одним із завдань, що стоять перед дизайнером, є забезпечення оптимальних технологічних параметрів виробництва при мінімальних витратах виробничого процесу.

Вибираючи пристрій, необхідно також враховувати простоту і компактність конструкції. Зазвичай конструкції не повністю відповідають усім вимогам і тому знаходять деякі компромісні варіанти.

Ще одним важливим фактором, що впливає на вибір полину, є вартість його виготовлення та експлуатації. Черв'ячні преси повинні працювати в оптимальних умовах для кожного конкретного матеріалу і не повинні піддаватися робочим параметрам (тиску, напруги), що перевищують рекомендовані для конкретного черв'ячного преса.

3.2 Короткий опис пристрою лінії

Бункер

Бункер призначений для отримання зернистого матеріалу, який заповнюється вручну, і подачі його в завантажувальний бункер екструдера.

Бункер - це металевий ящик місткістю не менше 0,5 м³ з фланцем для стикування з завантажувальним бункером екструдера та оглядовими вікнами для візуального огляду наявності зернистого матеріалу. Конструкція фланця має затвор, який дозволяє зупинити подачу зернистого матеріалу в завантажувальний бункер екструдера.

Прес одночерв'ячний ЧП 90×30

Одночерв'ячний прес призначений для безперервної переробки зернистого матеріалу в однорідний розплав та рівномірного його екструзії через кільцевий головний гвинт.

						Арк.
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		1

Основними компонентами преса є: привод преса, рама, завантажувальний бункер, корпус, черв'як, система охолодження, система опалення.

Привід преса черв'ячного. Електродвигун постійного струму. Циліндрична коробка передач із вбудованим упорним підшипником, довірена сприйняттю осьового зубчастого черв'яка. Змазка шестерні натуральна.

Рама, запропонована для кріплення на ній, є основними конструкціями і є внутрішнім пресом. Станина - це зварена прокатна конструкція.

Бункер завантажує кількість даних, необхідних для завантаження в пресу та під час обробки.

Лійка завантажується в корпус з водяним охолодженням куртки і використовує рукава. На зовнішній захищений корпус воронки завантажуються в електроустановку.

Температурний режим воронки завантажує жирову регуляцію

Корпус є одним із основних складальних одиниць преса, де відбуваються основні процеси термопластичної обробки. Він має форму циліндра і з'єднаний фланцевим з'єднанням з бункером.

Корпус має чотири зони нагріву електричними нагрівачами опору. Охолодження зон корпусу здійснюють 4 незалежні вентилятори. Зони справи поділяються перегородками. Зовні корпус закритий кожухом.

Система охолодження призначена для охолодження бункера, червяка та масла в корпусі коробки передач. Охолодження здійснюється очищеною водою з магазинного мережі циркуляційною водою.

Регулювання подачі води - ручне, за допомогою клапанних клапанів.

Для виведення червяка з преса передбачений черв'ячний ежектор.

Фільтр.

Фільтр призначений для очищення полімерного розплаву від сторонніх включень перед входом у головку кільця.

						Арк.
						1
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Фільтр розплаву складається з двох корпусів, затискача, затвора, виконаного у вигляді перегородки з двома кубиками для встановлення фільтруючого елемента, фільтруючих елементів з ефективною площею поверхні фільтра не менше 0,005 м².

Зміна фільтруючого елемента проводиться вручну. Сила, яка забезпечує перекриття стику між корпусом без затискної втулки та ковзання, а також ковзання та затискної втулки створюється під час розплаву полімеру через фільтр, різниця тиску між входом і виходом із затискача гільзи і тиск, що передається кільцем до кінця затискної втулки. Перехід затвора з одного крайнього положення в інше, для заміни фільтруючого елемента можливий лише на лінії зупинки.

Голівка плівкова кільцева гвинтова

Голівка плівкового кільцевого гвинта призначена для формування рукава полімерного препарату з розплаву обробленого матеріалу.

Голівка складається з таких основних частин та компонентів: корпус, матриця, оправка, проміжна оправка, решітка, утримувач оправки, торпеда, електричні нагрівачі опору та підставка. Матриця і оправка утворюють утворюючий кільцевий зазор.

Голова працює так. Розплав полімеру через вхідний канал від вузла обертання надходить у торпеду, яка розподіляє його по периметру кільцевої щілини. Решітка усуває сліди в полімерному розплаві після пропускання його через спиці тримача оправки. Далі на проміжному оправці відбувається стабілізація кільцевого потоку розплаву, а на оправці - утворення заготовки для рукава для подальшого накачування його в плівку. Регулювання ширини формуючого кільцевого зазору здійснюється шляхом зміщення матриці з регулювальними болтами, розташованими радіально і встановленими в матриці головки з акцентом на корпус.

						Арк.
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		1

Нагрівання голови здійснюється нагрівачами електричного опору. Контроль та регулювання температури є автоматичним. Кількість зон опалення - 9.

Підставка призначена для встановлення головки та поєднання осі головки з віссю екструдера ЧП 90х30.

Охолоджуюче кільце призначене для подачі охолоджуючого повітря на зовнішню поверхню втулки плівки.

Охолоджуюче кільце складається з верхньої губки і нижньої губки.

Охолоджуюче повітря продувається вентилятором. Його подача регулюється ступенем відкриття демпфера на вході вентилятора. Потім повітря потрапляє в камеру, утворену верхньою і нижньою губками. Рівномірно розподілений по периметру кільцевого зазору повітря, спрямований на зовнішню поверхню полімерної трубчастої заготовки, що виходить з утворюючого кільцевого зазору головки.

Стабілізуючий пристрій призначений для фіксації надутого гільзи плівки відносно вертикалі, що проходить через центр формуючого кільцевого зазору головки та середини стику тягнучих валів.

Стабілізуючий пристрій складається з чотирьох дерев'яних планок, які утворюють квадратне вікно, що закриває сформований рукав плівки, закріплений на компонентному пристрої. Кріплення планок дозволяє встановити їх таким чином, щоб забезпечити обхват мінімального діаметру плівкової втулки 1000 мм та максимального діаметра плівкової втулки 1910 мм

Стабілізуючий пристрій працює таким чином. Оператор вручну встановлює планки так, щоб освітлене вікно забезпечувало необхідну деформацію втулки плівки. Таким чином, втулка плівки не має можливості вібрувати і відхилятися від поздовжньої осі пристрою.

						Арк.
						2
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Складний пристрій призначений для переведення циліндричної форми втулки в плоску.

Складний пристрій складається з двох складаних стрижнів, виконаних у вигляді каркасної металевої конструкції, на якій закріплені планки. Кут між щокими регулюється вручну за допомогою гвинтового механізму.

Робота компонентного пристрою полягає в наступному. Плівковий рукав циліндричної форми стискається за допомогою складних щік, встановлених з певним, згідно з технологічними регламентами, кутом відкривання. Після перекладу циліндричної форми втулки в плоску, рукав потрапляє в повстятий пристрій.

Пристрій тягнучий, призначено для здійснення процесу витяжки плівкового рукава в зоні формування і для простягання його через пристрої стабілізуюче і складаюче.

Пристрій тягнучий складається з рами, двох обрешинених валів, приводу і двох пневмоциліндрів.

Рама є двома плитами, жорстко скріплюючих між собою стягуваннями. На плитах закріплені опори валів, привід і пневмоцилиндри. Діаметр робочої частини валів 200 мм, довжина – 2100 мм Один з валів встановлюється стаціонарно і обертається від приводу з безступінчатим регулюванням частоти обертання в діапазоні 1:10, другий – рухомий, притискуваний до стаціонарного валу двома пневмоцилиндрами. Застосування двох пневмоциліндрів забезпечує рівномірний розподіл сили притиснення по довжині робочої частини валів. Привід стаціонарного валу складається з електродвигуна змінного струму, черв'ячного одноступінчатого редуктора, ланцюгової передачі і забезпечує окружну швидкість валів, що тягнуть, в діапазоні від 0,94 до 9,4 м/хв..

Пристрій працює так. Плоский рукав плівки пропускається в зазор між розведеними валянками, після чого повстяті колоди і затискається втулка. Монтаж та демонтаж валів здійснюється віддалено від робочого місця

						Арк.
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

оператора. Сила тертя на лінії замикання валів, між гумовою поверхнею валів і плівкою, забезпечує передачу окружної швидкості нерухомого валу на плівку.

Естакада, призначена для встановлення компонентів лінії: пристроїв стабілізації, складання, складання та витягування - з метою впровадження технологічного процесу виготовлення шлангових плівок за схемою «знизу вгору». Окрім пристроїв, на проступі встановлені відхилювальні ролики, які забезпечують необхідну траєкторію плівкового полотна.

Естакада складається з каркаса, огорожі та сходів.

Пристрій обрізання кромки, призначено для розрізання плівкового рукава на полотна.

Пристрій обрізання і відведення кромки складається з двох валів, трьох притискних роликів і трьох ножів, встановлених на каркасі і закріпленому на естакаді.

Працює пристрій таким чином. В натягнутий між двох валів плівковий рукав вводяться ножі, відрізана кромка заправляється під притискні ролики, що забезпечує гарантоване відведення. Верстат намотувальний, призначений для намотування плівки у вигляді полотна вширшки не більше 2000 мм на паперову, пластмасову або металеву шпулю, встановлену на штанзі, периферійним способом. Швидкість прийому плівки від 0,5 до 17 м/мін.

Верстат намотувальний включає: станину, периферійне намотування, привід, систему управління приводом.

Станина є двома плитами жорстко скріплюючих між собою стягуваннями і служить для кріплення всіх механізмів верстата намотувального.

Блок периферійного намотування – механізм, що забезпечує намотування плівки в рулон. Він є, один на два блоки, встановлений на станині в підшипникових опорах і забезпечений зірочкою для передачі моменту, що крутить.

						Арк.
						2
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Вибір матеріалів для виготовлення основних вузлів і деталей апарата

Оскільки в технології ставляться підвищені вимоги до міцності та надійності машини у відповідності з рекомендаціями вибираємо для вузлів і деталей сталь 40ХН2МА (ГОСТ 9940-88) з межею міцності при розтягуванні 200 МПа, а межею плинності 470 МПа. Болти виготовляються із Сталі 40Х (ГОСТ 1050-88), які використовуються для деталей машин з підвищеними вимогами. Шайби виготовляються із сталі Ст3 (ГОСТ 380-94); межа міцності такої сталі при розтягуванні не менше 470 МПа [2].

						Арк.
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

4 Літературний та патентний огляд стану питання, обґрунтування запропонованої модернізації

Метою модернізації лінії для виробництва рукавної плівки шириною полотна 6000 мм, якій присвячений даний дипломний проект, є збільшення продуктивності лінії, зменшення енерговитрат, вдосконалення конструкції основних вузлів машин та покращення якості готових полімерних гранул. Для підвищення продуктивності лінії необхідно підвищувати продуктивність її основних машин. Отже в даному огляді буде приділено увагу способам модернізації лінії для виробництва рукавної плівки шириною полотна 6000 мм . Мета — підвищення якості виробу шляхом забезпечення інтенсифікації процесу змішання потоків розплаву матеріалу. Для цього екструзійна голівка має корпус та дорн.

4.1. Літературний огляд стану питання

На сьогоднішній день лінія для виробництва рукавної плівки є найпоширенішою агрегатом, який присутній на кожному підприємстві по виготовленню полімерних виробів і використовується для виготовлення плівки шириною полотна 6000 мм. Зокрема періодичні видання наводять інформацію про наступні лінії, які зараз присутні на ринку і випускаються серійно. Вони мають схожу базову конструкцію і відрізняються лише типорозміром і типом приводу, а також наявністю різних видів черв'ячних пресів (45, 63, 90, 120 та інш.). Лінія, що розроблюється в цьому дипломному проєкті, призначена для виробництва рукавної полімерної плівки. Матеріал з якого виготовляється плівка - поліетилен високого тиску. Плівка, що виробляється на цій лінії призначена для виготовлення мішків з відкритою горловиною для транспортування та зберігання сипких матеріалів.

В екструдері готується розплав, який подається через формувальну головку, що формує заготівку. Сформована заготівка роздувається повітрям, яке подається через отвори в формувальній головці. В рукаві замикається

						Арк.
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

певний об'єм повітря. Цей об'єм роздуває рукав. Рукав охолоджується повітрям. Далі роздутий рукав переводиться в плоску форму за допомогою пластин і поступає в тягнучий пристрій. Після направляючого ролика плівка надходить на намотувальний пристрій.

В лінії застосовується плівково-рідинне охолодження рукава, а тому схема виробництва плівки з витяжкою вниз. Рідинне охолодження дозволяє суттєво зменшити розміри охолоджувальної системи і підвищити продуктивність.

4.2. Патентний огляд стану питання

До патентів, в яких пропонується модернізувати екструзійна голівка, відноситься патент України 100178U. Мета патенту — підвищення якості виробу шляхом забезпечення інтенсифікації процесу змішання потоків розплаву матеріалу. Для цього екструзійна голівка має корпус та дорн. Між поверхнею та дорном утворено додатковий дорн. Для забезпечення та покращення якості виробу, було запропоновано вдосконалення трубної голівки черв'ячного екструдера, що повинне покращити якість кінцевої продукції /3/. Розплав полімеру надходить до формуючого інструмента з екструдера, далі рухається по каналах, що сформовані геометрією дорна 6 і проміжного дорна 5, матрицею головки та корпусу 3, 2 до виходу. Основний потік розділяється на два потоки за допомогою решітки 4 та проміжного дорна 5. На виході з головки потік знову стає суцільним.

Запропонована модернізація має серйозні недоліки, яка в деяких випадках може привести до протилежного результату: замість поліпшення гомогенізації матеріалу отримання продукції погіршеної якості. Це визначається різницею температури і тиску в різних в двох каналах. Оціночні розрахунки по температурі і тиску показали, що ці відмінності можуть призвести до отримання двошарової плівки з відмінними властивостями і деформаційними дефектами.

						Арк.
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

На даний момент проводиться уточнений розрахунок полів температури і тиску в залежності від геометричних характеристик каналів і умов експлуатації екструдера /4/. Попередньо зроблено висновок про необхідність створення адіабатної оболонки для вирівнювання температури розплаву в каналах головки.

До винаходів, пов'язаних з модернізацією пристрою для виготовлення рукавної полімерної плівки, належить також патент СССР SU №1685737 від 17.12.90. Мета патенту — підвищення надійності в роботі пристрою та якості отриманої плівки за рахунок покращення її антикорозійних властивостей. Для цього пристрій включає екструзійну голівку з полим корпусом. В дорне виконані канали для подачі зтиснутого повітря та для подачі інгібітора корозії і забезпечено змонтованою полою камерою з входними отворами, соосно встановленими в її полості геометричним поплавком з клапанами. Камера під дією входного отвору — з каналом для подачі інгібітора корозії.

Камера допоміжно оповіщена з каналом подачі зтиснутого повітря. Геометричний клапан виконан у формі сільфона. Підігрітий подають в полу камеру. Геометричний поплавок впливає. Інгібітор поступає через канал для його подачі у подлость рукава. При цьому інгібітор розтікається по поверхні дорну. Необхідний рівень інгібітора підтримують шляхом зміни висоти установки камери відносно поверхні дорна. Екструдіруємий рукав знаходиться у постійному контакті з усією поверхнею інгібітора. Це забезпечує ефективну дифузію інгібітора в толщу рукава. Зміна рівня інгібітора дозволяє варіювати антикорозійним властивостям рукава, збільшується якість отриманої рукавної плівки. Відходить необхідність у регенерації інгібітора, збільшується надійність в роботі пристрою.

						Арк.
						2
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.3 Висновки про виконання регламенту пошуку

Пошук виконаний у відповідності з регламентом в повному обсязі встановлені наступні перспективні напрямки вдосконалення технології та обладнання для: рукавних полімерних плівок.

4.3.1. ФОРМУЮЧА ГОЛОВКА ЕКСТРУДЕРА 100178U. Сутність полягає у додаванні додаткового дорна у головці. Це дозволяє попередити передчасне спінення матеріалу у головці за рахунок збільшення контакту з площею головки. За результатами пошуку було вирішено головним напрямком модернізації зробити екструзійну головку UA100178U.

Результати пошуку:

Конструкція базової розроблюваної лінії не містить конструктивних рішень, захищених діючими патентами. У конструкції відсутні рішення, які могли б стати об'єктом патентування. аналізу патентів основними напрямками удосконалення плівкової лінії є: екструзійна головка, метою, якою є підвищення якості виробу; пристрою для виготовлення рукавної плівки, метою, якої є підвищення надійності у роботі пристрою; матеріальний циліндр, метою, якого є скорочення витрат на виготовлення та збірку корпусу

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

У відповідності до закону про охорону праці та навколишнього середовища, виробничі будови, приміщення, обладнання та технологічні процеси повинні відповідати вимогам, що задовольняють безпечним умовам праці. Машини та механізми що проектуються повинні відповідати вимогам техніки безпеки та виробничій санітарії. Жодний зразок нової машини не може бути переданий у серійне виробництво доки не буде відповідати вимогам охорони праці.

						Арк.
						2
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Охорона праці і оточуюче середовища включає в себе питання безпеки праці, усунення причин травматизму і попередження професійних захворювань, аварійних ситуацій на виробництві; питання правової охорони праці.

Для того, щоб не було травм на виробництві потрібно розробити безпечні і нешкідливі умови для обслуговуючого персоналу. Виконання правил техніки безпеки є основною умовою зниження виробничого травматизму. Усі працівники повинні бути ознайомлені з правилами і інструкціями з техніки безпеки і виробничої санітарії. Після ознайомлення вони повинні розписатися в журналі техніки безпеки.

Інструкції з техніки безпеки повинні знаходитися на робочих місцях, плакати, що ілюструють методи безпечного виконання робіт вивішуються на видних місцях.

5.1. Характеристика виробничих факторів

Установка призначена для технологічних процесів при переробці конструкційних термопластів і композицій на їх основі.

Шкідливими і небезпечними виробничими факторами є:

параметри повітря робочої зони ;

виробничий шум, створюваний черв'яками, ударниками, вібрацією, транспортерами і електродвигунами;

вплив деталей машин, що рухаються й обертаються (конвеєрів, деталей електродвигунів і преса черв'ячного)

враження електричним током (електромережа живлення установки);

вплив високих температур при нагріванні кожуха;

промислове освітлення;

пожежна небезпека.

5.2. Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів проекрованої установки і заходу для їх усунення

5.2.1. Повітря робочої зони

						Арк.
						2
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Робота операторів на пересувній установці відноситься до важкої фізичної роботи через те, що установка розташована в умовах шуму, пилу, робота проводиться в 2 зміни. Енерговитрати за таких умов праці складають більш 280 Дж/с. У зв'язку з цим передбачено можливість відпочинку персонала в закритому приміщенні.

Допустимі і фактичні параметри температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні для даної категорії робіт наведені у таблиці 7.1.

Таблиця 7.1.

Оптимальні і фактичні параметри температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні. Сезон року	Категорія робіт – 1б					
	Температура, °C		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/с	
	Оптуст.	Фактич.	Опт.	Фактич.	Опт.	Фактич.
холодний	19-25	19-20	Не більше 75	40-65	Не більше 0,2	0.2
теплій	19-25	20-25	Не більше 75	40-70	Не більше 0,2	0.2

Параметри повітря робочої зони відповідають ГОСТ 12.1.005-88 і ДСН 3.3.6.042-99. Забезпечення параметрів здійснюється в зимовий час за допомогою водяного опалення з температурою теплоносія близько 70-90 °C, а в теплий час року вентиляцією.

5.2.2. Небезпека враження електричним струмом

Через те, що установка може розташовуватися на відкритому повітрі, на неї можуть впливати природні фактори, тому згідно ПУЕ вона відноситься до особливо небезпечних.

Для живлення елементів установки використовується трифазна напруга 220/380 В з ізольованою нейтраллю частотою 50 Гц.

Причини враження обслуговуючого персоналу можуть бути такими: помилкове включення установки;

пробій на корпус;

випадки дотику людей до відкритих струмопровідних частин електроустаткування;

старіння ізоляції і втрата нею ізоляційних властивостей;

дотик до частин установки, що можуть опинитися під напругою у випадку короткого замикання.

Трифазні ланцюги відповідно правил устрою електроустановок (ПУЕ) при напрузі до 1000 В застосовуються як трьохпровідні мережі з ізолюваною нейтраллю або як чотирьох провідні, з заземленою нейтраллю.

Для трьохпроводної мережі з ізолюваною нейтраллю без заземлення при нормальному режимі роботи у випадку дотику до однієї фази струм через людину дорівнює:

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\phi}}{R_{\text{л}} + \frac{r}{3}} = \frac{220}{1200 + \frac{80000}{3}} = 0,0078 \text{ А} \quad (5.1)$$

де $U_{\phi} = 220 \text{ В}$ - фазна напруга;

$R_{\text{л}} = R_{\text{тч}} + R_{\text{о}} + R_{\text{п}} + R_{\text{кп}} = 800 + 250 + 100 + 50 = 1200 \text{ Ом}$ - опір людини;

$r \ll R_{\text{л}}$ - опір мережі.

Таким чином, небезпека поразки для людини визначається опором ізоляції і людини. Зі збільшенням цих опорів небезпека зменшується.

При заземленні

$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\phi}}{R_{\text{л}} + r/3} + \frac{3 * R_{\text{з}}}{R_{\text{л}} * r} = \frac{220}{3199920} + \frac{3 * 4}{9600000} = 0,000073 \text{ А}$$

Безпека експлуатації обладнання забезпечується рядом організаційних і технічних мір захисту: використання малих напруг, захисним розділенням мереж, контролем і профілактикою пошкодження ізоляції, подвійною ізоляцією, забезпеченням неприступності до струмоведучих частин, застосуванням засобів індивідуального захисту і т. ін.

З метою запобігання травм рекомендується прийняти такі міри безпеки:

					Арк.
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
					3

- рубільники включення установки повинні знаходитися у спеціальній шафі;

- передбачити спеціальне захисне відключення електродвигунів у випадку улучення людини напругою;

провода проводити в захисних металевих рукавах;

- на панель керування вивести сигнальні лампи індикації включення електроустаткування;

- вузли установки, що можуть виявитися під напругою, повинні мати зажими для підключення заземлення;

Заземлення установки виконати відповідно ГОСТ 12.1.030-81.

Біля затисків заземлення нанести незмивні червоні знаки "Земля" за ГОСТ 21.1.030-75.

Електрична міцність ізоляції перевіряється на випробувальну напругу 200 В частотою 50 Гц протягом 1 хвилини.

Опір ізоляції повинен бути не менше 0,5 МОм.

Електрична апаратура, яка встановлена всередині приміщень, повинна мати ступінь захисту IP-54 ГОСТ 14254-80.

Ізоляція провідників вимірюється мегаомметром 11044 ТУ 25-04-798-18.

Напруга вимірюється вольтметром 351512 ТУ 25-04-1970-80.

Ступінь захисту електричної апаратури всередині приміщень контролюється за ГОСТ 14254-80 .

При застосуванні ручного переносного електроустаткування застосовувати живлячу напругу 42 В від окремого трансформатора.

На лінії живлення устаткування повинні бути включені захисні теплові вимикачі. Інструмент повинен мати неструмопровідний корпус і ізольовані ручки.

При роботі використовувати гумові рукавички, боти, індикатори напруги, що розташовують близько щита. Через те, що установка

знаходиться в умовах, прирівняних до особливо небезпечних приміщень, то вона обов'язково повинна заземлюватися.

5.3. Розрахунок захисного заземлення

Через те, що установка живиться напругою 380/220В і є можливість улучення обслуговуючого персоналу напругою, її необхідно заземлити.

Допускається заземлення з опором $R_d = 4 \text{ Ом}$.

При встановленні штучних заземлень їхній опір повинен задовольняти умові:

$$R_o < |R| \quad (5.6)$$

Розрахункові геометричні розміри заземлення зі сталевих стрижнів приймаємо діаметром $d = 0,014 \text{ м}$.

Тоді опір розтікання струму з одного вертикального електрода:

$$R_1 = \frac{R_{ep}}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + 0,5 \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right) \quad (5.7)$$

$$R_1 = \frac{R_{ep}}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + 0,5 \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right) = \frac{30}{2 \cdot 3,14 \cdot 3,5} \left(\ln \frac{2 \cdot 3,5}{0,014} + 0,5 \ln \frac{4 \cdot 2,5 + 3,5}{4 \cdot 2,5 - 3,5} \right) = 8,968 \text{ Ом},$$

де $t = 2,5 \text{ м}$ - відстань від центра електрода до поверхні землі;

$l = 3,5 \text{ м}$ – довжина стрижня;

$R_{гр} = 30 \text{ Ом}$ – опір ґрунта.

Схема заземлення подана на рис. 5.1.



Рис. 5.1. Схема заземлення

Опір одного сталевого електрода більше допустимого, тому включаємо паралельно декілька вертикальних електродів. Їхня кількість визначається за формулою:

$$n_e = \frac{R_1}{V_e R_u} = \frac{8,968}{0,7 \cdot 3,3} = 3,88, \quad (5.8)$$

де $V_e = 0,7$ - коефіцієнт взаємного екранування.

Приймаємо $n_e = 5$

З'єднання вертикальних електродів будемо виконувати металевією полосією перетином 4 x 40 мм.

Довжина полоси:

$$l_n = a(n_e - 1) = 1,5(5 - 1) = 6 \text{ м} \quad (5.9)$$

де $a = 1,5$ м - відстань між електродами (рис. 7.1).

Опір розтіканню струму сполучної полоси:

$$R_n = \frac{R_{ep}}{2\pi n_e V_e} \ln \frac{2l^2}{6l_n} = \frac{30}{2 \cdot 3,14 \cdot 6 \cdot 0,7} \ln \frac{2 \cdot 3,5^2}{6 \cdot 0,7} = 2,005 \text{ Ом} \quad (5.10)$$

Еквівалентний опір заземлення

$$R = \frac{R_1 R_n}{R_1 + R_n} = \frac{8,968 \cdot 2,005}{8,968 + 2,005} = 1,125 \text{ Ом} \quad (5.11)$$

Через те, що еквівалентний опір заземлення R менше допустимого значення 4 Ом, умова виконується.

5.4. Освітлення

В денний час виробниче приміщення освітлюється природним світлом. Для цього вибирається бокове освітлення, через світлові пройоми в зовнішніх стінах.

Згідно СНиП II-4-79, робота з обслуговування обладнання відноситься до VI розряду підрозряду «а», тобто загальне спостереження за технологічним процесом. При цьому робоче місце оператора повинно мати освітленість робочої зони $E_{\text{нор}}=150$ лк.

Обладнання працює в 3 зміни, виробництво безперервне.

Розрахунок освітлення будемо виконувати для темного часу доби, застосовуючи тільки загальну освітленість люмінесцентними лампами ЛДЦ-40, потужністю 40 Вт, світловим потоком $F = 2100$ лм и освітленістю $E_{\phi} = 100$ лк.

Загальне рівномірне освітлення горизонтальної поверхні при світильниках любого типу буде розраховано за методом коефіцієнта використання світлового потоку. Визначивши світловий потік однієї лампи, вибираємо лампу накаливання типу Г потужністю 500 Вт, світловим потоком $F=8300$ лм (з відхиленням від розрахункового світлового потоку на 8%, що допускається) при напрузі 220 В.

Тоді фактична освітленість буде $E_{\phi}=151.2$ лк, що і відповідає СНиП II-4-79.

Лампи накаливання вибираємо з тієї причини, що у виробництві є деталі обертання. Може спостерігатись стробоскопічний ефект при освітленні світильниками.

5.5. Небезпека впливу елементів устаткування, нагрітих до високих температур

Причинами травм може бути дотик людей до нагрітих поверхонь. Щоб уникнути травм ці поверхні покриваються шаром ізоляції з

						Арк.
						3
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мінеральної вати марки 300 ГОСТ 4640-76. Небезпечними елементами в установці є:

- поверхні преса двохчерв'ячного;
- поверхні двигунів.

Зовнішня температура ізоляції не повинна перевищувати 45 °С, що відповідає СН 245-71. Температура поверхні теплоізоляції контролюється термометром за ГОСТ 2823-73.

5.6. Виробничий шум

Основними джерелами шуму є черв'як преса.

Рівень звукового тиску в октавних смугах частот, рівень звука й еквівалентні рівні звука для постійних робочих місць при працюючій лінії не повинні перевищувати дозволених норм, установлених по ГОСТ12.1.003-83.

Еквівалентний рівень звука 80 дБА на робочих місцях забезпечує зберігання слуху 97% тим, що працюють при такому рівні шуму протягом 10 років, і 94% слуху протягом 20 років (ДСН3.3.6.037-99).

Рівень шуму на робочому місці лежить у припустимих межах, тому що рівень шуму утворюваний вентиляторами й електроустаткуванням складає 75дБ. Рівень звукового тиску (дБ) в октавних смугах частот, рівні звука і еквівалентні рівні звуку (дБА) для постійних робочих місць при працюючій установці не перевищують допустимих величин, установлених за ДСН № 3.3.6.037-99.

Рівні звукового тиску знижуються за допомогою встановлених на установці захисних кожухів

5.7. Вібрація

Причиною появи вібрації є встановлені на пресі черв'яки які обертаються.

Величина загальної технологічної вібрації на постійних робочих місцях

						Арк.
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

при працюючій установці у виробничих приміщеннях повинна задовольняти норм, установлених за ДСН 3.3.6.039-99.

5.8. Небезпека впливу частин установки, що рухаються

Всі рухомі частини подають підвищену небезпеку при експлуатації, тому що можливі механічні травми в обслуговуючого персоналу. В запобіганні нещасливих випадків всі обертові частини, що рухаються, закриті суцільним або сітчастим огородженням. Розміри сторін комірок сітчастого огородження не більш 10 мм.

Експлуатувати лінію зі знятими огородженнями, несправними або відключеними блокуваннями строго забороняється. Також забороняється проводити ремонт і наладку вузлів лінії під час її роботи.

5.9. Пожежна безпека

У процесі виробництва виробів використовуються такі речовини:.. горіти може рукавна плівка, яку виготовляє данна лінія.

Матеріал установки - сталь.

Виходячи з цього, по ОНТП 24-86 виробництво за пожежонебезпечністю віднесено до категорії В.

Стійкість будинку за СНиП 2.01.02-85 відповідає степені вогнестійкості II.

Згідно ПУЕ клас зони установки II- IIa.

Серед причин, що можуть викликати загорання, найбільше ймовірними є такі:

- несправність електроустаткування;
- струми короткого замикання і навантаження кабелів живлення;
- загорання ізоляції електропроводки;
- використання вогню в неналежному місці.

Запобігання загорання забезпечується такими мірами:

- дотримання технологічних норм і правил експлуатації;

						Арк.
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

- обмеження в застосуванні відкритого вогню;
- паління тільки у відведених для цього місцях;
- своєчасне проведення інструктажу з техніки безпеки серед обслуговуючого персоналу;
- організація агітації по протипожежній безпеці;
- наявність засобів сигналізації, зокрема, системи електричної пожежної сигналізації (ЕПС) і засобів оперативного зв'язку з пожежною частиною;
- наявність засобів пожежегасіння в безпосередній близькості від установки (пісок, ковдри, вогнегасники).

Для гасіння невеликих ділянок загоряння при відключеному електроустаткуванні застосовують вуглекисневі вогнегасники ОУ-8 (3 шт.) і пінні вогнегасники ОХП-10 (3 шт.). Для гасіння включених електромереж приймаємо порошкові вогнегасники ОП-10 (3 шт.).

У приміщенні, де розташовується установка, на відстані 30 метрів друг від друга повинні бути встановлені пожежні гідранти з рукавами довжиною до 10 метрів. Відстань до пожежного виходу повинна бути не більш 40 метрів.

Кількість виходів - не менш двох. Ширина прорізу двері евакуиходу - 2 метри. Двері евакуиходу повинні відкриватись назовні.

5.10 Захист навколишнього середовища

Захист навколишнього середовища забезпечується наявністю витяжного устаткування. Продукти надходять на підприємство в герметичних контейнерах.

5.11. Інструкція з техніки безпеки

						Арк.
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

До роботи на установці допускаються особи, які досягли вісімнадцятирічного віку і пройшли виробниче навчання, атестацію кваліфікаційної комісії й інструктаж з безпечного обслуговування установки.

Допускаються до роботи особи, які мають кваліфікаційну групу з техніці безпеки не нижче третьої і пройшли медичний огляд.

Перед початком робіт з експлуатації установки необхідно перевірити:

- 1) стан робочого місця, яке повинно утримуватися в чистоті, перевірити наявність індивідуальних засобів захисту від поразки електричним струмом;
- 2) справність усіх вузлів і механізмів;
- 3) наявність і справність огороження і попереджуючих знаків;
- 4) справність електроустаткування, відсутність розривів, ушкоджень кабелів;
- 5) наявність і надійність заземлення, засобів молнієзахисту;
- 6) наявність змащення;
- 7) справність роботи аварійних вимикачів і аварійних кнопок і шнурів "Стоп", попереджувальної сигналізації.

Про виявлені несправності і неполадки у роботі необхідно повідомити начальнику.

Під час роботи установки забороняється:

- допускати до працюючої установки сторонніх осіб;
- працювати зі знятими запобіжними кожухами;
- робити ремонт;
- виконувати роботи з використанням відкритого вогню.

ВИСНОВОК

В даному розділі було розглянута актуальність дослідження і модернізації процесу екструзії шляхом використання черв'ячних пресів.

Було описано технологічну схему виробництва полімерної плівки при використанні черв'ячного преса ЧП 90х30. Наведено його основні складальні

						Арк.
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

одиниці, вибрано основні матеріали та наведено технологчні параметри його роботи.

Було проведено патентне дослідження, проаналізовано загальні підходи в конструкції черв'яків екструдерів і процесу екструзії в цілому, розглянуто більше, ніж 10 патентів та вибрано один для модернізації задля покращення процесу виробництва рукавної плівки.

						Арк.
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

РОЗДІЛ II
Розрахунки

						Арк.
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

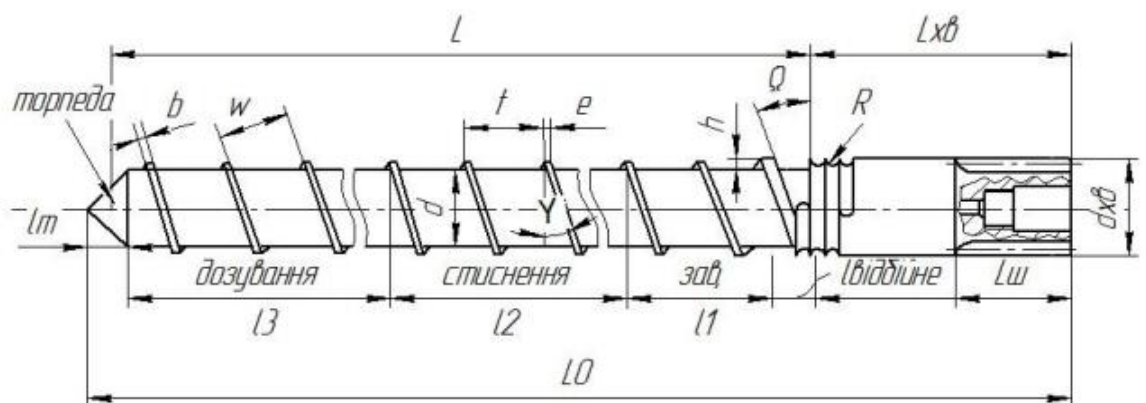
I. РОЗРАХУНКИ ЯКІ ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ТА ОСНОВНІ ГЕОМЕТРИЧНІ РОЗМІРИ.

В цьому розділі відшукується геометрія черв'яка і число його обертів, при яких для заданої продуктивності забезпечується задана температура розплаву на виході екструдера. В даному випадку пропонується алгоритм розрахунку, в якому реалізується обчислення глибини каналу черв'яка, а решта розмірів при цьому вважаються відомими. Окрім геометрії і числа обертів, обчислюються також і основні енергетичні параметри процесу екструзії.

1. КІНЕМАТИЧНІ ТА ПАРАМЕТРИЧНІ РОЗРАХУНКИ

1.1. Розрахунок геометрії черв'яка.

Вихідні дані: діаметр черв'яка $D=90$ мм



1.1 Розрахункова схема черв'яка.

Крок гвинтової лінії черв'яка: $t=(0,8 \dots 1,2) D=1,0 \cdot (90)=90$ мм

Ширина гребеня витка: $e=(0,08 \div 0,1) D=0,1 \cdot 90=0,9$ мм

Глибина гвинтового каналу під завантажувальною воронкою:

$$h_1=(0,12 \div 0,16) D=0,15 \cdot 90=13,5 \text{ мм},$$

Глибина гвинтового каналу на кінці черв'яка (зона дозування)

де i - ступінь стиску, що складає $\approx 2,25$.

$$h_2 = 0,5 \left[D - \sqrt{D^2 - \frac{4h_1}{i}(D - h_1)} \right] = 0,5 \left[90 - \sqrt{90^2 - \frac{4 \cdot 13,5}{2,25}(90 - 13,5)} \right] = 5,42 \text{ мм}$$

Радіальний зазор δ між внутрішньою поверхнею корпусу і зовнішнього

витка черв'яка:

$$\delta=0,003 \quad D=0,003 \cdot 90=0,27 \text{ мм.}$$

Діаметр стержня в зоні завантаження

$$d_1=D-2h_1=90-2 \cdot 13,5=63 \text{ мм.}$$

Діаметр стержня в зоні дозування

$$d_2=D-2h_2=90-2 \cdot 5,42=79,16 \text{ мм.}$$

У зоні стиску приймаємо нахил поверхні сердечника постійним

Довжина торпеди

$$l_{\text{торп}}=(0,6 \div 0,8) \quad D=0,7 \cdot 90=63 \text{ мм,}$$

Довжина робочої частини черв'яка:

$$l_{\text{раб}}=(20 \dots 30 \dots 30) D=20 \cdot 90=1800 \text{ мм,}$$

Довжина евольвентного зачеплення: $l_{\text{ев}}=130 \text{ мм.}$

Довжина зони дозування:

$$l_{\text{доз}}=(3 \div 6) \quad D=5 \cdot 90=450 \text{ мм,}$$

Довжина зони стиску:

$$l_{\text{сж}}=l_{\text{раб}}-l_{\text{доз}}-l_{\text{загр}}=1800-450-180=1170 \text{ мм.}$$

Довжина циліндричної частини черв'яка

$$l_{\text{цил}}=(1,5 \div 3) \quad D=2 \cdot 90=180 \text{ мм.}$$

Довжина відбійної частини:

$$l_{\text{отб}}=(0,1 \div 0,5) \quad D=0,2 \cdot 90=18 \text{ мм.}$$

Загальна довжина черв'яка:

$$L=l_{\text{раб}}+l_{\text{ев}}+l_{\text{цил}}+l_{\text{отб}}=1800+250+180+18=2248 \text{ мм.}$$

1.2Продуктивність машини по зоні дозування з розрахунком впливу голівки.

Робота процесу черв'ячної машини в цілому залежить не тільки від геометричних розмірів черв'яка і процесів, що протікають у його каналах, але

					Арк.
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
					4

також від геометрії, конфігурації головки черв'ячної машини, і її профілюючих елементів.

Об'ємна продуктивність потоку в'язких рідин через головку на передній частині черв'ячної машини прямо пропорційна падінню тиску ΔP і обернено пропорційна в'язкості маси μ :

$$Q = K \cdot \frac{\Delta P}{\mu},$$

Також рівняння продуктивності можна представити у вигляді рівняння:

$$Q = \frac{\alpha \cdot K}{K + \beta + \gamma} \cdot n,$$

де K - коефіцієнт пропорційності, що залежить від геометрії головки - коефіцієнт геометричної форми головки;

n -число оборотів черв'яка в хвилину;

α -постійна прямого потоку для черв'яка з перемінною глибиною гвинтового каналу:

$$\alpha = \frac{\pi^3 \cdot \left(-\lambda \cdot e \right) \cdot \sigma}{a + t^2 \cdot b},$$

β -постійна оберненого потоку для черв'яка з перемінною глибиною гвинтового каналу:

$$\beta = \frac{\pi \cdot t - \left(-\lambda \cdot e \right)}{12 \cdot L_n \cdot \left(a + t^2 \cdot b \right)},$$

γ -постійна потоку перетоку для черв'яка з перемінною глибиною гвинтового каналу:

$$\gamma = \frac{\pi \cdot D \cdot \delta^3 \cdot t^2}{10 \cdot e \cdot L_n \cdot \sqrt{\pi^2 \cdot D^2 + t^2}},$$

де σ -коефіцієнт що залежить від геометричних розмірів черв'яка:

$$\sigma = 1 - \frac{6.9 \cdot D}{2 \cdot \left(h_n - h_2 \right)} \cdot \lg \frac{h_n}{h_2} + \frac{D^2}{2 \cdot h_n \cdot h_2},$$

a -коефіцієнт, що розраховується по формулі:

$$a = \frac{\pi^2}{h_n \cdot h_2} \cdot \left(\frac{D \cdot \varphi_n + h_2}{2 \cdot h_n \cdot h_2} - 1 \right),$$

b- коефіцієнт, що розраховується по формулі:

$$b = \frac{2.3}{(\varphi_n - h_2) \cdot D^3} \cdot \lg \frac{h_n \cdot \varphi + d_2}{h_2 \cdot \varphi + d_1} + \frac{2 \cdot h_n \cdot h_2 + (\varphi_n - h_2) \cdot D}{2 \cdot D^2 \cdot h_n^2 \cdot h_2^2},$$

де h_1 -глибина гвинтового каналу в зоні завантаження,

h_n - глибина гвинтового каналу на початку зони дозування,

h_2 - глибина гвинтового каналу на кінці черв'яка,

L_n - довжина зони дозування,

D -зовнішній діаметр черв'яка,

d_1 -діаметр сердечника в зоні дозування,

d_2 - діаметр сердечника на кінці черв'яка,

e - ширина гребеня витка черв'яка,

δ - зазор між черв'яком і гільзою,

Підставивши у вище наведені рівняння значення величин, обчислимо значення продуктивності черв'ячної машини по зоні дозування з урахуванням впливу головки:

$$a = \frac{3.14^2}{1.35 \cdot 0.54} \cdot \left(\frac{9 \cdot \varphi_{35} + 0.54}{2 \cdot 1.35 \cdot 0.54} - 1 \right) = 156.7,$$

$$b = \frac{2.3}{(\varphi_{35} - 0.54) \cdot 9^3} \cdot \lg \frac{1.35 \cdot \varphi + 3.91}{0.54 \cdot \varphi + 7.91} + \frac{2 \cdot 1.35 \cdot 0.54 + (\varphi_{35} - 0.54) \cdot 9}{2 \cdot 9^2 \cdot 1.35^2 \cdot 0.54^2} = 1.84,$$

$$\sigma = 1 - \frac{6.9 \cdot 9}{2 \cdot (\varphi_{35} - 0.54)} \cdot \lg \frac{1.35}{0.54} + \frac{9^2}{2 \cdot 1.35 \cdot 0.54} = 89.68$$

$$\alpha = \frac{3.14^3 \cdot \varphi - 1 \cdot 0.9}{156.7 + 9^2 \cdot 1.84} = 292.55 \text{ см}^3,$$

$$\beta = \frac{3.14 \cdot 9 - (\varphi - 1 \cdot 0.9)}{12.45 \cdot (\varphi_{56.7} + 9^2 \cdot 1.84)} = 1.22 \cdot 10^{-4} \text{ см}^3,$$

$$\gamma = \frac{3.14 \cdot 9 \cdot 0.027^3 \cdot 9^2}{10 \cdot 0.9 \cdot 45 \cdot \sqrt{3.14^2 \cdot 9^2 + 0.9^2}} = 3.9 \cdot 10^{-6} \text{ см}^3,$$

					Арк.
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	4

$$Q = \frac{292,55 \cdot 0,09}{0,09 + 1,22 \cdot 10^{-4} + 3,9 \cdot 10^{-6}} \cdot \frac{120}{60} = 58,42 \text{ см}^3 / \text{сек},$$

При питомій вазі поліетилену $\gamma=0.74$ кг/дм³ при температурі 190°C продуктивність черв'ячної машини складає: $Q=300$ кг/год

1.3. Розрахунок потужності приводу.

Потужність, що витрачається черв'ячною машиною для переробки пластичних мас, йде на переміщення матеріалу в гвинтовому каналі черв'яка і на зсув матеріалу в зазорі між гребенем і внутрішньою стінкою циліндра або гільзи.

Потужність черв'ячної машини:

$$N = \frac{N_1 + N_2}{\eta},$$

де N_1 -потужність що витрачається на примусове проходження маси по гвинтовому каналу черв'яка:

$$N_1 = \frac{\pi^3 \cdot \left(\frac{D}{2} - e \right) \cdot L \cdot J \cdot \mu_{\text{эф}} \cdot 10^{-4}}{36 \cdot t} \cdot n^2 + \frac{a_2 \cdot \Delta P \cdot n \cdot 10^{-2}}{6},$$

N_2 -потужність, що витрачається на зріз матеріалу у зазорі між вершиною витка і стінкою циліндра:

$$N_2 = \frac{10^{-4} \cdot \pi^3 \cdot D^3 \cdot e \cdot L \cdot \mu_{\text{эф}} \cdot n}{36 \cdot \delta \cdot t},$$

η -коефіцієнт корисної дії і неврахованих втрат рівний 0.5

де J -коефіцієнт, що визначається по формулі:

$$J = \frac{\pi^2 \cdot D^2 - 4 \cdot t^2}{\pi^2} + \frac{\left(\frac{D}{2} - d_2 \right) \cdot \left(\frac{D}{2} + d_1 \right)}{3 \cdot \left(\frac{D}{2} - d_1 \right)} + \frac{2.3 \cdot \pi^2 \cdot D^5}{\left(\pi^2 \cdot D^2 \cdot \left(\frac{D}{2} - h_k \right) \right) \cdot \lg \frac{h_n}{h_k}},$$

де t -крок гвинтової нарізки черв'яка,

D -зовнішній діаметр черв'яка,

ΔP - перепад тиску в головці,

d_1 -діаметр черв'яка в зоні дозування,

d_2 -діаметр сердечника на кінці черв'яка,

α_2 -постійна прямого потоку,

h_n - глибина нарізки на початку зони дозування,

h_k - глибина нарізки на кінці черв'яка,

L - довжина зони дозування, e - ширина гребеня витка черв'яка,

δ - радіальний зазор,

$$J = \frac{3.14^2 \cdot 9^2 - 4 \cdot 9^2}{3.14^2} + \frac{(9 - 7.91) \cdot (9 + 7.68)}{3 \cdot (9.91 - 7.68)} + \frac{2.3 \cdot 3.14^2 \cdot 9^5}{(9 + 3.14^2 \cdot 9^2) \cdot (0.35 - 0.54)} \cdot \lg \frac{1.35}{0.54} = 108.35.$$

Швидкість зсуву в гвинтовій нарізці черв'яка для визначення ефективної динамічної в'язкості можна визначити по формулі:

$$S = \frac{\pi^2 \cdot D^2 \cdot n}{60 \cdot \delta \cdot \sqrt{\pi^2 \cdot D^2 + t^2}} = \frac{3.14 \cdot 9^2 \cdot 120}{60 \cdot 0.027 \cdot \sqrt{3.14^2 \cdot 9^2 + 9^2}} = 1994.62 \text{ сек}^{-1},$$

Ефективна в'язкість при температурі розплаву 190°C і швидкості зсуву 1994.62 сек^{-1} ,

$$\mu_{\text{эф}} = 0.14 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с},$$

$$N_2 = \frac{10^{-4} \cdot 3.14^3 \cdot 6.3^3 \cdot 0.63 \cdot 25.2 \cdot 1.4 \cdot 10^{-3} \cdot 120^2 \cdot 10^{-2}}{36 \cdot 0.018 \cdot 6.3} = 1.8 \text{ кВт}.$$

Ефективна динамічна в'язкість визначається з графічної залежності при температурі розплаву 190°C і швидкості зсуву розплаву, обумовленої по формулі:

$$S = \frac{\pi^2 \cdot (D - h_{cp}) \cdot (D - 2 \cdot h_{cp}) \cdot n}{60 \cdot h_{cp} \cdot \sqrt{\pi^2 \cdot (D - 2h_{cp})^2 - t^2}},$$

де h_{cp} - середня глибина гвинтового каналу черв'яка:

$$h_{cp} = \frac{h_n + h_k}{2} = \frac{1.35 + 0.54}{2} = 0.95 \text{ см},$$

$$S = \frac{3.14^2 \cdot (9 - 0.95) \cdot (9 - 2 \cdot 0.95) \cdot 120}{60 \cdot 0.95 \cdot \sqrt{3.14^2 \cdot (9 - 2 \cdot 0.95)^2 - 9^2}} = 58.16 \text{ сек}^{-1},$$

Ефективна в'язкість при температурі розплаву 190°C і швидкості зсуву 58.16 сек^{-1} ,

$$\mu_{\text{эф}} = 0.63 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с},$$

$$N_1 = \frac{3.14^3 \cdot 0.9 \cdot 45 \cdot 108,35 \cdot 6.3 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-4}}{36 \cdot 9} \cdot 120^2 + \frac{292,55 \cdot 51,83 \cdot 120 \cdot 10^{-3}}{6} = 4,12 \text{ кВт},$$

Загальна потужність буде дорівнює:

$$N = N_1 + N_2 = 4,12 + 2,1 = 6,22 \text{ кВт},$$

З огляду на ККД машини, потужність споживана нею буде складати:

$$N = \frac{N}{\eta} = \frac{6,22}{0,5} = 12,44 \text{ кВт}$$

2. ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК.

Переробка полімерів на черв'ячних машинах супроводжується складними тепловими процесами.

Проте через відсутність надійних експериментальних досліджень теплових процесів у черв'ячних машинах і установках не можна скласти закінченої і докладної методики розрахунків теплових процесів і режимів, тому розглянемо тільки деякі питання теплообміну в черв'ячних машинах.

Вихідні дані:

Потужність встановленого електродвигуна, кВт 240

Початкова температура матеріалу, °C 20

Кінцева температура матеріалу, °C 200

Тепловий баланс черв'ячної машини можна представити як:

$$Q_N + Q_{N1} = G_M \cdot C_M \cdot (t_k - t_{нач}) + Q_{ном},$$

де Q_N - енергія що виділяється при вживанні потужності,

$$Q_N = 860 \cdot N \cdot \eta_1 \cdot \eta_2,$$

$N=30$ кВт - потужність встановленого електродвигуна,

$\eta_1=0.6$ - ККД приводу машини,

$\eta_2=0.9$ - ККД електродвигуна,

$$Q_N = 860 \cdot 30 \cdot 0.6 \cdot 0.9 \cdot 4.2 = 58514 \text{ Дж / с},$$

						Арк.
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

де Q_{N1} - кількість тепла, що підводиться до корпуса електронагрівачами,

$G_M=120$ кг/час= $120/3600=0,033$ кг/с - продуктивність черв'ячної машини по поліетилену,

$C_M=2.2$ кДж/(кг С°) - теплоємність поліетилену,

$t_{кон}=200^{\circ}$ С - температура до котрої потрібно нагріти матеріал,

$t_{нач}=20^{\circ}$ С - температура з який матеріал надходить у машину,

$Q_{пот}$ - утрати тепла в навколишнє середовище,

$$Q_{пот} = Q_K + Q_{изл},$$

де Q - утрати тепла в навколишнє середовище конвекцією,

$$Q_K = \alpha_K \cdot F \cdot (t_{кож} - t_{возд}),$$

$Q_{изл}$ - утрати тепла в навколишнє середовище випромінюванням,

$$Q_{изл} = 4.9 \cdot E \cdot F \cdot \left(\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right),$$

де $t_{кож}=45^{\circ}$ С - температура поверхні кожуха машини,

$t_{возд}=20^{\circ}$ С - температура навколишнього повітря,

$T_1=318$ К - абсолютна температура поверхні кожуха,

$T_2=293$ К - абсолютна температура навколишнього повітря,

F - теплообмінна поверхня машини,

$F=B \cdot L$,

$E=0.6$ - ступень чорноти, для сталі,

$\alpha_{до}$ - коефіцієнт тепловіддачі від стінки корпуса черв'ячної машини в навколишнє середовище конвекцією,

$$\alpha_K = Nu \cdot \frac{\lambda}{L},$$

де Nu - критерій Нуссельта,

$U=0.27$ м -діаметр кожуха машини,

$\lambda=2.33 \cdot 10^{-2}$ Вт/(м*ч*град),

$L=2.22$ м - довжина теплообмінної поверхні,

$$F=0.27 \cdot 2.22 = 0.59 \text{ м}^2,$$

Критерій Нуссельта визначаємо з рівняння:

$$Nu = C \cdot (Gr \cdot Pr)^n,$$

де Gr - критерій Грасгофа,

$$Gr = \frac{g \cdot h^3 \cdot \beta \cdot \Delta t}{\nu^2},$$

β - коефіцієнт об'ємного розширення,

$$\beta = \frac{1}{273 + t_{cp}},$$

Pr=0.7 - критерій Прандтля,

$\nu=16.48 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ - коефіцієнт кінематичної в'язкості,

Визначимо значення розрахункової температури:

$$t_p = \frac{t_{\text{кож}} + t_{\text{возд}}}{2} = \frac{45 + 20}{2} = 32.5^\circ\text{C},$$

$$\beta = \frac{1}{273 + 32.5} = 3.27 \cdot 10^{-3},$$

$$Gr = \frac{9.81 \cdot 2.22^3 \cdot 3.27 \cdot 10^{-3} \cdot (45 - 20)}{(16.48 \cdot 10^{-6})^2} = 3.23 \cdot 10^{10},$$

$$Gr \cdot Pr = 3.23 \cdot 10^{10} \cdot 0.7 = 2.26 \cdot 10^{10},$$

Підставивши значення $C=0.54$ і $n=1/4$ у рівняння для визначення критерію Нуссельта, одержимо:

$$Nu = 0.54 \cdot (2.26 \cdot 10^{10})^{\frac{1}{4}} = 209.4,$$

$$\alpha_k = 273.2 \cdot \frac{2.35 \cdot 10^{-2}}{2.22} = 179.03 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C},$$

$$Q_k = 4.2 \cdot 1.89 \cdot 0.59 \cdot (45 - 20) = 179.03 \text{ кДж} / \text{с},$$

$$Q_{\text{изл}} = 4.9 \cdot 0.6 \cdot 0.59 \cdot 4.2 \cdot \left(\left(\frac{318}{100} \right)^4 - \left(\frac{293}{100} \right)^4 \right) = 20.06 \text{ кДж} / \text{с},$$

$$Q_{\text{ном}} = 179.03 + 20.06 = 387.09 \text{ кДж} / \text{с},$$

					Арк.
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	4

Кількість тепла, що необхідно підвести до машини електронагрівачами визначимо із рівняння (3-1):

$$Q_{N1} = G_M \cdot C_M \cdot (t_k - t_{нач}) + Q_{пот} - Q_N,$$

$$Q_{N1} = 0,033 \cdot 2.2 \cdot (200 - 0) + 387,09 - 58514 = -58113,7 \text{ кДж} / \text{с},$$

У сталому режимі обігрівачі повинні бути виключені, включена система охолодження.

Потужність нагрівачів розраховуємо з умови виходу машини в сталий режим.

Кількість тепла, необхідна для розігріву корпусу:

$$Q_{разогр.} = C \cdot G \cdot \Delta t$$

де $C=0,47 \text{ кДж}/(\text{кг } ^\circ\text{C})$ - теплоємність сталі,

$G=350 \text{ кг}$ - маса корпусу,

Δt - різниця температур.

$$Q_{разогр.} = 0,47 \cdot 350 \cdot 180 = 29610 \text{ кДж/із}$$

Тоді потужність нагрівачів буде дорівнює:

$$N_1 = \frac{Q_{разогр.}}{60t} = \frac{29610}{60 \cdot 40} = 12,33 \text{ кВт},$$

Тоді тепловий баланс черв'ячної машини буде виглядати:

$$58514 + (-58113,7) = 0,033 \cdot 2.2 \cdot (200 - 20) + 387,09;$$

$$400,3 = 400,15$$

3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ЧЕРВ'ЯЧНОГО ПРЕСА

НА МІЦНІСТЬ

3.1. Розрахунок корпусу

Корпуси черв'ячних машин розраховують за залежностями для товстостінних циліндрів.

На корпус діють такі навантаження:

- внутрішній тиск P ;
- розтяжна осьова сила $Q_{ос}$;

						Арк.
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

- обертальний момент M ;

- напруження, що виникає внаслідок перепаду температур ΔT із зовнішньої поверхні всередину.

В області зони завантаження внутрішній тиск та перепад температур є незначними, тому корпус розраховують на дію осьової сили та обертального моменту.

Осьова сила на корпусі виникає внаслідок дії тиску на торцеві проекції поверхонь черв'яка та головки і дії осьової складової зусилля взаємодії витків черв'яка з корпусом, яке передається через матеріал, що перероблюється. Для розрахунку беруть більше з двох значень:

$$Q_{oc} = \frac{\pi D_e^2}{4} P = \frac{\pi \cdot 0,09^2}{4} \cdot 50 = 0,3181 \text{ MN} = 318 \text{ kH}$$
$$Q_{oc} = \frac{2M_{об}}{D_e} \operatorname{tg} \varphi = \frac{2 \cdot 11,777}{0,09} \cdot 0,3183 = 83,303 \text{ kH}$$

де

$D_e = 0,09 \text{ м}$ - внутрішній діаметр корпусу;

$P = 50 \text{ МПа}$ - внутрішній тиск;

$M_{об} = 11,777 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}$ - обертальний момент;

$\varphi = 17,656^\circ$ - кут підйому нарізки черв'яка.

Приймаємо більше з двох значень $Q_{oc} = 0,3181 \text{ MN}$.

Напруження від осьової сили:

$$\sigma_z = \frac{Q_{oc}}{S} = \frac{0,3181}{9,032 \cdot 10^{-3}} = 35,219 \text{ МПа}$$

де S - площа перерізу корпусу, м^2 ;

$$S = \frac{\pi}{4} D_3^2 - D_e^2 = \frac{\pi}{4} 0,140^2 - 0,09^2 = 9,032 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

де $D_3 = 0,140 \text{ м}$ - зовнішній діаметр корпусу, м.

						Арк.
						5
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Обертальний момент, що діє на корпус:

$$M_{об} = \frac{9549N}{n} = \frac{9549 \cdot 148}{120} = 11777,1 H \cdot m = 11,777 kH \cdot m$$

де $N = 148 \text{ кВт}$ - потужність, яка споживається черв'яком;

$n = 120 \text{ об/хв}$ - швидкість обертання черв'яка.

Обертальний момент, що передається від черв'яка на корпус, змінюється по довжині корпусу від максимального значення в зоні завантаження до нуля в місці приєднання головки. Тоді в будь-якому поперечному перерізі

$$M = \frac{M_{об} \cdot x}{L} = \frac{11,777 \cdot 0,418}{2,73} = 1,802 kH \cdot m = 0,0018 MPa$$

де $x = 0,418 \text{ м}$. - відстань від головки до перерізу, що розглядається;

$L = 2,73 \text{ м}$. - довжина корпусу.

Дотичне напруження від обертального моменту в розрахунковому перерізі.

$$\tau = \frac{M}{W} = \frac{0,0018}{0,0228} = 0,079 \text{ МПа}$$

де W - момент опору розрахункового перерізу корпусу, м^3 ; визначається із залежності

$$W = \frac{\pi D_3}{16} (1 - \alpha^4) = \frac{\pi \cdot 0,14}{16} (1 - 0,643^4) = 0,0228 \text{ м}^3$$

$$\alpha = \frac{D_6}{D_3} = \frac{0,09}{0,14} = 0,643$$

Еквівалентне напруження за енергетичною теорією міцності:

$$\sigma_{екв} = \sqrt{\sigma_z^2 + 4\tau^2} \leq \sigma$$

$$\sigma_{екв} = \sqrt{35,219^2 + 4 \cdot 0,079^2} = 35,219 \text{ МПа} \leq 800 \text{ МПа}$$

Умова міцності виконується.

						Арк.
						5
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\sigma = 800 \text{ МПа}$ - допустиме напруження для сталі 40Х.

Складений корпус. Для отримання більш рівномірного розподілення напружень по товщині стінки і розвантаження внутрішніх шарів за рахунок кращого використання зовнішніх шарів використовуємо складений корпус, шляхом встановлення гільзи в циліндр з натягом, з допомогою гарячої посадки.

Використовуючи таку посадку, відбуваються радіальні переміщення зовнішньої поверхні гільзи та внутрішньої поверхні циліндра, внаслідок чого виникає контактний тиск. Оскільки значення цих переміщень малі, вважають, що радіуси вказаних поверхонь рівні між собою і дорівнюють умовному радіусу контакту. Таким чином ми вибираємо варіант гільзи встановленої з натягом виходячи з розподілення тиску в конструкції. Тоді контактний тиск діє як зовнішній тиск для гільзи та внутрішній для циліндра і складається з дією внутрішнього тиску.

Позначимо:

$$k_1 = \frac{r_1}{r_c} = \frac{0,045}{0,0575} = 0,783;$$

$$k_2 = \frac{r_c}{r_2} = \frac{0,0575}{0,07} = 0,821;$$

Значення контактного тиску обчислюється за формулою

$$P_c = \frac{\delta E}{2r_c} \cdot \frac{1-k_1^2}{1+k_1^2} \cdot \frac{1-k_2^2}{1+k_2^2} =$$
$$= \frac{0,028 \cdot 10^{-3} \cdot 2,05 \cdot 10^5}{2 \cdot 0,0575} \cdot \frac{1-0,783^2}{1+0,783^2} \cdot \frac{1-0,821^2}{1+0,821^2} = 9,656 \text{ МПа}$$

де

$\delta = 0,028 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ - величина натягу [2];

$r_1 = 0,045 \text{ м}$ - внутрішній радіус гільзи;

$r_2 = 0,07 \text{ м}$ - зовнішній радіус циліндра;

$r_c = 0,0575 \text{ м}$ – умовний радіус контакту;

					Арк.
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	5

$E_1=E_2=2,05 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ відповідно модулі пружності матеріалу гільзи та циліндра;

$\mu_1 = \mu_2 = 0,3$ – відповідно коефіцієнти Пуасона матеріалу гільзи та циліндра.

Визначаємо напруження від дії контактного тиску $P_c = f \cdot \delta = 0,784 \text{ МПа}$ у внутрішньому корпусі:

- радіальні σ_r ;

$$\sigma_r = -\frac{r_2^2}{r_2^2 - r_1^2} \left(1 - \frac{r_1^2}{r^2} \right) \cdot P_c;$$

- тангенціальні σ_θ ;

$$\sigma_\theta = -\frac{r_2^2}{r_2^2 - r_1^2} \left(1 + \frac{r_1^2}{r^2} \right) \cdot P_c =$$

де, r - змінний радіус, м ;

$r, \text{м}$	$\sigma_r, \text{МПа}$	$\sigma_\theta, \text{МПа}$
0,045	0	-37,784
0,048125	-2,068	-35,411
0,05125	-3,769	-33,458
0,054375	-5,186	-31,83
0,0575	-7,156	-30,463
0,0575	-7,156	46,891
0,060625	-5,483	44,079
0,06375	-3,385	41,67

0,66875	-1,574	39,591
0,07	0	37,784

Визначаємо напруження від дії контактного тиску $P_c = f \cdot \delta = 0,784 \text{ МПа}$

у зовнішньому корпусі:

- радіальні σ_r ;

$$\sigma_r = \frac{r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} \left(1 - \frac{r_2^2}{r^2} \right) \cdot P_c =$$

- тангенціальні σ_θ ;

$$\sigma_\theta = \frac{r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} \left(1 + \frac{r_2^2}{r^2} \right) \cdot P_c$$

Визначаємо напруження в циліндрі від дії внутрішнього тиску ($P = 50 \text{ МПа.}$):

- радіальні σ_r^P ;

$$\sigma_r^P = \frac{r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} \left(1 - \frac{r_2^2}{r^2} \right) \cdot P;$$

- тангенціальні σ_θ^P ;

									Арк.
				$r, \text{ м}$		$\sigma_r^P, \text{ МПа}$	$\sigma_\theta^P, \text{ МПа}$		5
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$\sigma_{\theta}^P = \frac{r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} \left(1 + \frac{r_2^2}{r^2} \right) \cdot P$$

0,045	- 50	120,435
0,0575	-16,976	87,411
0,06375	-7,249	77,678
0,07	0	70,435

;

Враховуючи те, що перепад температур із зовнішньої поверхні всередину корпусу може становити $\Delta T = 3...5^{\circ}\text{C}$, то необхідно враховувати і можливість виникнення теплових напружень.

Напруження від перепаду температур $\Delta T = 4^{\circ}\text{C}$ у корпусі визначають за залежностями:

- радіальні σ_r^T :

$$\sigma_r^T = - \frac{E \cdot \alpha \cdot \Delta T}{2(1-\mu) \ln \frac{r_2}{r_1}} \left[\ln \frac{r_2}{r} + \frac{r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} \cdot \left(1 - \frac{r_2^2}{r^2} \right) \cdot \ln \frac{r_2}{r_1} \right];$$

- тангенціальне σ_{θ}^T :

$$\sigma_{\theta}^T = \frac{E \cdot \alpha \cdot \Delta T}{2(1-\mu) \ln \frac{r_2}{r_1}} \left[1 - \ln \frac{r_2}{r} - \frac{r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} \cdot \left(1 + \frac{r_2^2}{r^2} \right) \cdot \ln \frac{r_2}{r_1} \right]$$

$r, \text{м}$	$\sigma_r^T, \text{МПа}$	$\sigma_{\theta}^T, \text{МПа}$
0,045	0	-1,361
0,0575	-0,126	0,083
0,06375	-0,079	0,592

0,07	0	1,015
------	---	-------

Оскільки осьове напруження від осової сили є рівномірно розподіленим по товщині, а більшість інших напружень мають найбільші за модулем значення на внутрішній поверхні корпусу, то вона є найбільш навантаженою і розрахунок напружень виконують саме на цій поверхні.

За теорією незалежної дії різних сил напруження однакових напрямів від дії різних зусиль складаються таким чином:

$$\sigma_r = \sigma_r^P + \sigma_r^T;$$

$$\sigma_\theta = \sigma_\theta^P + \sigma_\theta^T.$$

де верхній індекс P означає, що напруження виникає від дії тиску, а індекс T — від дії перепаду температур.

$r, м$	$\sigma_r, МПа$	$\sigma_\theta, МПа$
0,045	-50	119,074
0,0575	-17,102	87,494
0,06375	-7,328	78,27
0,07	0	71,45

Еквівалентне напруження за третьою теорією міцності

$$\sigma_{\text{екв}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\sigma_r - \sigma_\theta^2 + \sigma_r - \sigma_z^2 + \sigma_\theta - \sigma_z^2} =$$

$$= \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{-50 - 119,074^2 + -50 - 35,219^2 + 119,074 - 35,219^2} = 146,424 \text{ МПа}$$

Працездатність корпусу визначають коефіцієнтом запасу міцності, який не повинен бути нижчим за рекомендоване допустиме значення, яке беруть зазвичай 1,6...2:

$$n = \frac{\sigma_\tau}{\sigma_{\text{екв}}} \geq n$$

					Арк.
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	5

$$n = \frac{800}{146,424} = 5,46 \geq 2$$

$\sigma = 800 \text{ МПа}$ - межа текучості.

Умови міцності виконується.

						Арк.
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

3.2. Розрахунок на міцність черв'яка

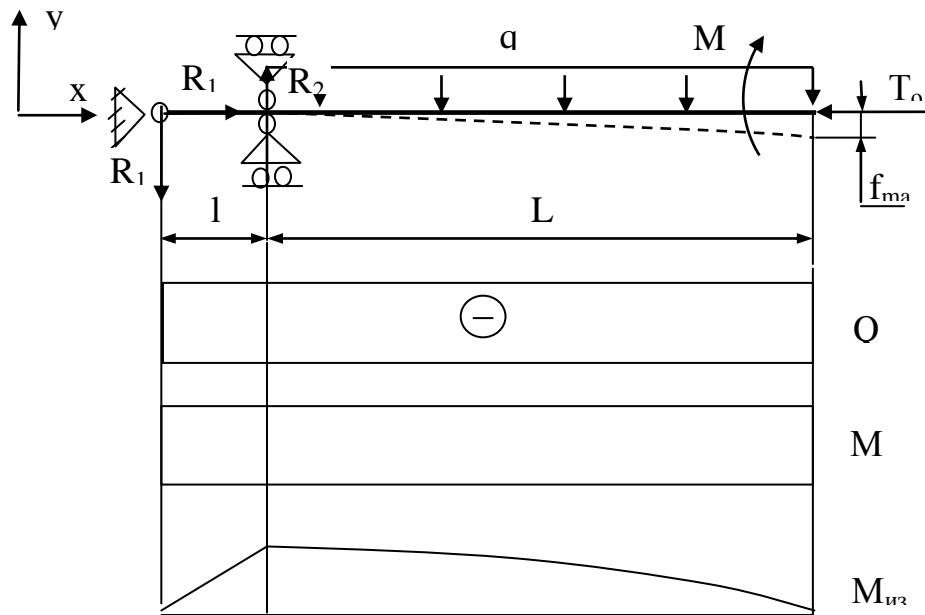


Рис. 3.1 Розрахункова схема сил, діючих на черв'як.

На черв'як діють такі силові фактори:

- осьове зусилля; P_{oc}
- рівномірно розподілене навантаження від власної ваги q ;
- крутний момент $M_{кр}$;

Базовий варіант розрахункової схеми черв'яка зображено на рис.3.1. Першу точку опори взято на кінці хвостовика, другу - в точці переходу гвинтової нарізки в циліндричну частину, яка працює як підшипник ковзання і зношується менше, ніж зовнішні поверхні витків черв'яка.

Розраховуємо крутний момент:

$$M_{кр} = \frac{9549 \cdot N}{n} = \frac{9549 \cdot 148}{120} = 11,777 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

де $N=100$ –потужність, яка споживається черв'яком, кВт;

$n=145$ - швидкість обертання черв'яка, об/хв.

Осьове зусилля:

$$P_{oc} = \frac{2 \cdot M_{кр}}{D} \cdot \tan \varphi = \frac{2 \cdot 11,777 \cdot 10^3}{0,09} \cdot 0,31847 = 83347,138 \text{ Н} = 0,0834 \text{ МН}.$$

де $D=0,09$ - зовнішній діаметр черв'яка, м; φ - кут підйому нарізки,

$$\varphi = \arctg\left(\frac{t}{\pi \cdot D}\right) = \arctg \frac{0,09}{3,14 \cdot 0,09} = 0,31847 = 17,665^\circ$$

де $t=0,09$ - крок нарізки.

Розподілене навантаження від власної ваги:

$$q = \frac{9,81 \cdot 133,978}{2,7} = 486,787 \text{ Н/м}$$

де G - маса черв'яка, кг; $l_p=2,7$ - довжина робочої частини, м;

$$G = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \rho \cdot l_p = \frac{3,14 \cdot 0,090^2 \cdot 7800 \cdot 2,7}{4} = 133,978 \text{ кг}$$

$$M_{\max} = \frac{1}{2} \cdot q \cdot l_p^2 = \frac{1}{2} \cdot 486,787 \cdot 2,7^2 = 1774,339 \text{ Н м} = 0,00177 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

W_x - осьовий момент опору:

$$W_x = \frac{\pi \cdot d_1^3 (1 - \alpha^4)}{32} = \frac{3,14 \cdot 0,066^3 (1 - 0,242^4)}{32} = 2,8 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$$

Стискне напруження в тілі черв'яка виникає від осової сили і згинального моменту, викликаного власною вагою. Перша складова напруження рівномірна по перерізу, а друга - змінюється від розтягувальної у верхній частині перерізу до стискувальної в нижній. Тому величина стискувального напруження має найбільше значення на нижніх волокнах, його розраховують за формулою

$$\sigma_{cm} = \frac{P_{oc}}{F} + \frac{M_{\max}}{W_x} = \frac{0,0834}{3,22 \cdot 10^{-3}} + \frac{0,001774}{2,8 \cdot 10^{-5}} = 89,258 \text{ МПа}$$

де F - площа небезпечного перерізу (під завантажувальною воронкою в місці початку нарізки, де найбільші навантаження і найменша площа, без урахування площі перерізу витків):

$$F = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} (1 - \alpha) = \frac{3,14 \cdot 0,066^2}{4} (-0,242) = 3,22 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

$$\alpha = \frac{d_0}{d_1} = \frac{0,016}{0,066} = 0,242$$

D_0 -діаметр осердя в зоні завантаження; M_{\max} - найбільший згинальний момент від власної ваги (у місці початку нарізки):

$$M_{\max} = \frac{1}{2} \cdot q \cdot l_p^2 = \frac{1}{2} \cdot 486,787 \cdot 2,7^2 = 1774,339 \text{ Н м} = 0,00177 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

W_x - осьовий момент опору:

$$W_x = \frac{\pi \cdot d_1^3 (1 - \alpha^4)}{32} = \frac{3,14 \cdot 0,066^3 (1 - 0,242^4)}{32} = 2,8 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$$

Дотичне напруження

$$\tau = \frac{M_{кр}}{W_p} = \frac{11,777 \cdot 10^3}{5,623 \cdot 10^{-5}} = 209443357,6 \text{ Па} = 209,443 \text{ МПа}$$

де W_p - полярний момент опору:

$$W_p = \frac{\pi \cdot d_1^3 (1 - \alpha^4)}{16} = \frac{3,14 \cdot 0,066^3 \cdot (1 - 0,242^4)}{16} = 5,623 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$$

Еквівалентне напруження за третьою теорією міцності:

$$\sigma_{cm} = \sqrt{\sigma_{cm}^2 + 4 \cdot \tau^2} = \sqrt{89,258^2 + 4 \cdot 209,443^2} = 428,290 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт запасу повинен перевищувати допустиме значення:

$$n = \frac{\sigma_t}{\sigma_{экв}} \geq 1,6$$

Значення допустимого коефіцієнта запасу зазвичай 1,6...2

$$n = \frac{800}{428,290} = 1,879$$

$$1,879 > 1,6$$

Умова міцності черв'яка виконується.

						Арк.
						6
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3. Розрахунок елементів головки на міцність.

Задача розрахунку - розрахунок на міцність наступних навантажених елементів: шпильок, що кріплять головку до розподільника розплаву; гвинтів, що кріплять фільтрну плиту до головки.

Прийняті позначення основних параметрів і коефіцієнтів, а також їхні значення наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Позначення	Параметри	Значення
P_{Γ}	максимальний гідравлічний опір головки, МПа	4,6
$P_{сеч}$	тиск, що діє в що розраховується перетині,	
T_i	сумарна сила, що діє на окремі поверхні каналу, Н	
T_6	осьова номінальна сила, що діє на один кріпильний елемент, Н	
$T_{p.6}$	розрахункова осьова сила, що припадає на один кріпильний елемент, що враховує податливість болта і стику, момент сили затягування і коефіцієнт запасу на нерозкриття стику, Н	
σ_T	границя текучості матеріалу, із якого виготовлений що розраховується на тривкість елемент,	220
σ_p	розрахункова напруга розриву в елементі, що розраховується,	
n_1	коефіцієнт запасу міцності.	
F_6	площа поперечного перетину	$F_{61}=3,174 \times 1$

	кріпильного елемента, м ²	0-4 F62=1,41x10 -4
χ	коефіцієнт, що залежить від співвідношення податливостей кріпильних елементів і елементів стику, для з'єднання металевих деталей без прокладок, χ=0,2-0,3	0,2
κ₁	коефіцієнт затягування, при постійній зовнішній силі до=1,3-1,5	1,3
z₆	кількість кріпильних елементів, шт. (z ₆₁ - шпильки M24, z ₆₂ - гвинти M16)	z₆₁=6 z₆₂=18
D_в	внутрішній діаметр перехідного чопа в місці з'єднання головки з розподільником розплаву з урахуванням можливого розушільнювання стику, м	0,07
H_ф	висота каналу філь'єри в місці приєднання до корпусу голівки з урахуванням можливого розушільнювання стику, м	0,05
B_ф	ширина каналу філь'єри в місці приєднання до корпусу голівки з урахуванням можливого розушільнювання, м	0,58
	Матеріал шпильок - сталь 20	

Виконуємо розрахунок на міцність шпильок, що кріплять головку до розподільника розплаву.

Силу, що відриває головку від розподільника розплаву розраховуємо по формулі:

$$T = \Delta P_r \frac{\pi}{4} D_e^2 = 4,6 \cdot 10^6 \frac{3,14}{4} 0,07^2 = 17702 H$$

Сила, що діє на одну шпильку:

$$T_{\sigma} = \frac{T}{Z_{\sigma 1}} = \frac{17702}{6} = 2950$$

Розрахункова сила, що приходить на одну шпильку:

$$T_{p\sigma} = [1,3 \kappa 1 (1 - \chi)] T_{\sigma} = [1,3 \cdot 1,3 (1 - 0,2)] 2950 = 4573 H$$

Напруга розтягу, що утворюється у шпильці:

$$\sigma_p = \frac{T_{p\sigma}}{F_{\sigma 1}} = \frac{4573}{3,174 \cdot 10^{-4}} = 14,4 MPa$$

Коефіцієнт запасу міцності по границі текучості:

$$n_1 = \sigma / \sigma_p = 220 / 14,4 = 15,2$$

Виконуємо розрахунок на міцність гвинтів, що кріплять фільтрну плиту до корпусу головки. Силу, що відриває фільтрну плиту від корпусу головки розраховуємо по формулі:

$$T = \sum_{i=1}^6 \Delta P (B_{\phi} \cdot H_{\phi}) = 3,4 \cdot 10^6 \cdot 0,58 \cdot 0,05 = 98600 H$$

Сила, що діє на один гвинт:

$$T_{\sigma} = \frac{T}{Z_{\sigma 2}} = \frac{98600}{18} = 5478 H$$

Розрахункова сила, що приходить на один гвинт:

$$T_{p\sigma} = [1,3 \kappa 1 (1 - \chi)] T_{\sigma} = [1,3 \cdot 1,3 (1 - 0,2)] 5478 = 8490 H$$

Напруга розтягу, що утворюється у гвинті:

$$\sigma_p = \frac{T_{p\sigma}}{F_{\sigma 2}} = \frac{8490}{1,41 \cdot 10^{-4}} = 60,2 MPa$$

Коефіцієнт запасу міцності по границі текучості:

						Арк.
						6
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n l = \sigma_T / \sigma_p = 400 / 60,2 = 6,6$$

Міцність

елементів головки забезпечується.

3.4. Розрахунок черв'яка на жорсткість

Поряд з розрахунком на міцність, черв'як перевіряють на жорсткість. Метою цього розрахунку є перевірка того, чи знаходиться прогин черв'яка в межах конструкційного зазору. Розрахункова схема навантаження черв'яка зображена на рис. 4. Головним чином це має значення під час холостого ходу, бо в робочому режимі канали черв'яка та зазори заповнені розплавом під тиском, який запобігає прогину і тертю по корпусу.

Полярний момент інерції перерізу розраховують за формулою:

$$I = \frac{\pi \cdot d_1^4}{64} \cdot (1 - \alpha^4) = \frac{3,14 \cdot 0,066^4}{64} (1 - 0,242^4) = 9,278 \cdot 10^{-7} \text{ м}^4$$

Радіус інерції:

$$i = \sqrt{\frac{I}{F}} = \sqrt{\frac{9,278 \cdot 10^{-7}}{3,22 \cdot 10^{-3}}} = 0,01698 \text{ м.}$$

Гнучкість:

$$\lambda = \frac{\mu \cdot l_p}{i} = \frac{2 \cdot 2,7}{0,01698} = 318,02$$

де $\mu=2$ - коефіцієнт замуровування.

Так як $\lambda \geq 50$, то черв'як вважають нежорстким і перевіряють на найбільший прогин (у метрах) за формулою:

$$\delta = \frac{1}{2,05 \cdot 10^{11} \cdot 9,278 \cdot 10^{-7}} \left(\frac{486,787}{0,647^2} \left(\frac{1}{0,647^2} + \left(\frac{1}{0,647^2} + \frac{2,7^2}{2} \right) \right) - \frac{1}{0,647} \cdot \left(\frac{486,787}{0,647^3} - 64,425 \cdot 2,7 \right) \cdot \cos 0,647 \cdot 2,7 - \frac{1}{0,647^2} \cdot \left(\frac{486,787 \cdot 2,7}{0,647} - 64,425 \right) \cdot \sin 0,647 \cdot 2,7 \right) = 0,00017 \text{ м} = 0,17 \text{ мм}$$

						Арк.
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

$$\delta = \frac{1}{EI} \left[\frac{q}{k^2} \left(\frac{1}{k^2} + \left(\frac{1}{k^2} + \frac{l_p^2}{2} \right) \right) - \frac{1}{k} \left(\frac{q}{k^3} - A \cdot l_p \right) \cos k \cdot l_p - \frac{1}{k^2} \left(\frac{q \cdot l_p}{k} - A \right) \sin k \cdot l_p \right]$$

де:

$$K = \sqrt{\frac{P_{oc}}{EI}} = \sqrt{\frac{0,0834}{2,05 \cdot 10^5 \cdot 9,278 \cdot 10^{-7}}} = 0,646$$

$$A = \frac{q \left(l_p - \frac{1}{k} \sin k l_p \right)}{k \cdot \cos k \cdot l_p} = \frac{486,787 \cdot \left(2,7 - \frac{1}{0,647} \cdot \sin 0,647 \cdot 2,7 \right)}{0,647 \cdot \cos 0,647 \cdot 2,7} = 64,425$$

На початковій стадії проектних розрахунків черв'як можна вибирати з урахуванням дії моменту та осевого зусилля. Після розрахунку геометричних параметрів виконують повний розрахунок.

Для ретельного обчислення діючих на черв'як силових факторів враховують поза центровий характер осевого зусилля, що виникає від прогину кінця черв'яка δ

$$\sigma = \frac{P_{oc}}{F} \cdot \left(1 + \frac{\delta_p \cdot F}{I} \cdot d_1 \right) + \frac{M_{max}}{W_x} = \frac{0,0834 \cdot 10^6}{3,22 \cdot 10^{-3}} \cdot \left(1 + \frac{0,170 \cdot 10^{-3} \cdot 3,22 \cdot 10^{-3}}{9,278 \cdot 10^{-7}} \right) \cdot 0,066 + \frac{1774,339}{2,8 \cdot 10^{-5}} = 99580450,42 \text{ Па} = 99,581 \text{ МПа.}$$

Обчислюємо еквівалентні напруження за третьою теорією міцності:

$$\sigma_{\text{екв}} = \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot \tau^2} = \sqrt{99,581^2 + 4 \cdot 209,443^2} = 430,535 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт запасу міцності:

$$n = \frac{\sigma_t}{\sigma_{\text{екв}}} = \frac{800}{430,535} = 1,858$$

Умова жорсткості:

$$n = \frac{\sigma_t}{\sigma_{\text{екв}}} \geq n$$

Значення допустимого запасу зазвичай 1,6...2.

$$1,858 > 1,6$$

Умова виконується. Черв'як жорсткий.

					Арк.
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
					6

3.5. Розрахунок черв'яка на кручення

Перевіряємо найбільш слабкий переріз на кручення:

$$N_{\tau} = \frac{\tau_1}{\tau_p \left(\frac{k_{\tau}}{\beta \cdot \varepsilon_{\tau}} + \zeta_{\tau} \right)} = \frac{240 \cdot 10^6}{5,856 \cdot 10^7 \cdot \left(\frac{1,9}{0,9 \cdot 0,59} + 0,05 \right)} = 1,1296$$

де $\tau_1 = 240 \cdot 10^6$ – межа втоми при крученні для сталі 40Х, Па ;

$\beta = 0,9$ – коефіцієнт стану поверхні;

$K_{\tau} = 1,9$ – ефективний коефіцієнт концентрації напружень;

$\varepsilon_{\tau} = 0,59$ - коефіцієнт, що враховує вплив постійної складової напруження;

$\zeta = 0,05$ - коефіцієнт, що враховує вплив постійної складової напруження.

Розрахункове напруження кручення:

$$\tau_p = \frac{M_{kp}}{2 \cdot W_{ro}} = \frac{11,777 \cdot 10^3}{2 \cdot 5,623 \cdot 10^{-5}} = 10,472 \cdot 10^7 \text{ Па.}$$

де W_{ro} – полярний момент опору крученню перерізу черв'яка з врахуванням жорсткості витків:

$$W_{ro} = 2 \cdot \frac{I}{R} = 2 \cdot \frac{9,278 \cdot 10^{-7}}{0,033} = 5,623 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3.$$

$I = 9,278 \cdot 10^{-7}$; $R = 0,033$ – радіус сердечника черв'яка.

Підставивши всі значення в формулу, отримуємо запас міцності 1,1296, що задовольняє всі умови.

3.6. Розрахунок черв'яка на стійкість

Для рорахунку черв'яка на стійкість використовуватимемо формули Ясінського

Обчислюємо критичне напруження :

$$\sigma_{kp} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{\min}}{F \cdot (l \cdot \zeta)^2} = \frac{3,14^2 \cdot 2,05 \cdot 10^5 \cdot 9,278 \cdot 10^{-7}}{3,22 \cdot 10^{-3} \cdot (1,47 \cdot 2,7)^2} = 36,97 \text{ МПа.}$$

Критичний тиск:

					Арк.
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6

$$P_{kp} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \sigma_{kp} = \frac{3,14 \cdot 0,090^2}{4} \cdot 36,97 = 0,235 \text{ МПа}$$

Перевіряємо виконання умови стійкості:

$$\frac{P_{kp}}{2,4} \geq P_{oc}$$

$$0,098 \geq 0,0834 \text{ МПа.}$$

Умова стійкості виконується черв'як стійкий.

3.7. Розрахунок черв'яка на витривалість

Оскільки черв'як витримує згинальний момент навантаження від циклічної дії власної ваги, доцільна його перевірка на витривалість [5].

Розраховуємо коефіцієнт запасу міцності під час циклічного навантаження:

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{k_{\sigma} d \cdot \sigma_a + \psi_{\sigma} \cdot \sigma_c} = \frac{0,4 \cdot 1300}{4,643 \cdot 63,339 + 0,25 \cdot 0} = 1,768$$

де $\sigma_{-1} = 0,4 \cdot \sigma_{\sigma}$ - допустиме напруження під час циклічного навантаження ($\sigma_{\sigma} = 1200 \dots 1400$ МПа);

σ_a - амплітуда змінювання напружень, у цьому випадку вони змінюються від $+\sigma_{max}$ до $-\sigma_{max}$ $+63,369 \leq \sigma_a \leq -63,369$ де σ_{max} - найбільші напруження від дії згинального моменту:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W_x} = \frac{1774,339}{2,8 \cdot 10^{-5}} = 63,369 \text{ МПа.}$$

$\sigma_c = 0$ - середнє напруження циклу, оскільки цикл симетричний; $\psi_{\sigma} = 0,25$;
 $(k_{\sigma})_d$ - ефективний коефіцієнт концентрації напружень, який можна знайти за формулою:

$$(k_{\sigma})_d = \frac{k_{\sigma}}{\beta \cdot \varepsilon} = \frac{1,95}{1 \cdot 0,42} = 4,643$$

де $k_{\sigma} = 1,9 \dots 2$ - коефіцієнт концентрації напружень; β - коефіцієнт, який враховує якість поверхні деталі (для полірованої поверхні черв'яка $\beta = 1$),

					Арк.
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
					6

$\varepsilon = 0,42$ - коефіцієнт, який враховує розмір перерізу деталі і обирається в залежності від діаметра з таблиць.

Всі умови розрахунку черв'яка на витривалість виконується.

						Арк.
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

РОЗДІЛ III
Технологія машинобудування

						Арк.
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

1. Технологія машинобудування

1.1 Опис та призначення деталі

Наявність складального креслення вузла, в який входить корпус, дає нам можливість чітко зрозуміти те, що корпус працює в черв'ячній машині і контактуватиме в своїй роботі з гільзою. Гільза слугує, так званою «прокладкою» між корпусом машини, який виконаний з дешевої сталі та черв'яком. Економічно недоцільно виконувати весь корпус з дорогої сталі, цю проблему вирішили шляхом встановлення гільзи. Власне корпус виконується із стійких сталей 40, 45. При спрацюванні гільзи вона легко демонтується – замість того, щоб повністю перевиконувати корпус.

Розглядаючи конфігурацію і габарити, можна передбачити, що корпус є деталлю середнього машинобудування.

Корпус відноситься до класу деталей типу «порожнистий циліндр».

При виготовленні корпусу особливу увагу необхідно звернути на обробку точних установочних отворів Ø90f7, Ø100H7.

Корпус виготовляється зі сталі 45, яка використовується для виготовлення відповідальних деталей підвищеної точності і має такий хімічний склад та механічні характеристики [5, т.2, с.370]:

Табл. 1. Хімічний склад та механічні характеристики сталі 45

Сталь	C, %	Si, %	Mn, %	S, %	P, %
				не більше	
Ст45	0,42-0,5	0,17-0,37	0,5-0,8	0,04	0,035
Межа міцності: при розтягуванні: $\sigma_s = 610 \text{ МПа} = 61 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}$ при згинанні: $\sigma_{32} = 250 - 340 \text{ МПа} = 25 - 34 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}$ HB=143...207					

1.2. Вибір заготовки для виготовлення деталі

Відповідно до вимог креслення і в результаті аналізу конструкції корпусу робимо висновок, що найбільш доцільно використовувати заготовку деталі із круглого прокату. Тому що це найбільш вигідний спосіб виготовлення корпусу. Цей спосіб не вимагає знімання якоїсь величини припуску, наприклад, як після лиття деталі. А дає змогу чітко отримати заготовку на токарному верстаті.

Величина і якість поверхонь які будуть проходити механічну обробку буде залежати від якості самого ріжучого інструменту, від якості(точності) верстату та від кваліфікації робочого, який обслуговує цей верстат. Також при обробці потрібно бути обережними з вимірюючим інструментом, тому що при перекосі мірної кромки інструменту веде до виготовлення бракованої деталі. А це дуже сильно віддає на матеріальні витрати виробництва. При підвищенні класу точності шорсткості на один клас призводить до збільшення вартості деталі майже в 2 рази. Тому при виготовленні деталі, конструкторам та токарям потрібно точно і конкретно обговорити питання про подальше використання деталі, її клас точності та матеріал з якого буде виготовлятися деталь.

1.3. Технологічний процес виготовлення деталі

Знаючи тип виробництва, матеріал деталі і її конфігурацію, можна використати для одержання заготовки метод гарячекатаного прокату.

Конфігурація прокату достатньо проста і забезпечує легке отримання заготовки.

Аналіз технологічності корпусу дозволяє зробити такі висновки:

- конструкція корпусу припускає обробку точного отвору $\varnothing 90H8$;
- конструкція корпусу забезпечує вільний доступ різального та вимірювального інструментів до оброблюваних поверхонь;

						Арк.
						7
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- деталь не має глухих точних отворів і не вимагає підрізки внутрішніх або закритих торців; усі оброблювані поверхні та отвори або паралельні, або розміщені під прямим кутом один до одного;
- конструкція визначається високою шорсткістю і припускає високі режими різання;
- деталь має точні поверхні достатньо великих розмірів, які можна використати як технологічні бази;
- враховуючи конфігурацію, недоцільно міняти матеріал деталі, або замість прокатної заготовки використовувати литу.

Типовий технологічний процес складається з таких етапів:

- обробка значної за розмірами площини, яка служить у подальшому чистовою установочною базою;
- чорнове та чистове розточування і розвертання отвору, головним чином за один перехід;
- розточування внутрішніх і зовнішніх торцевих поверхонь;
- розточування внутрішніх фасок;
- свердління отвору;

Виходячи із заданих на кресленні вимог до якості (точності і шорсткості) оброблюваних поверхонь (рис.1) і типового технологічного процесу, підбирають типові схеми їх обробки:

- розточування центрального отвору 1 проточування поверхні 2 з одночасним підрізанням торця;
- точіння поверхні 3,8 з нарізанням різьби 8, 3;
- розточування отвору 1,4 з підрізанням торця ;
- свердління 2х отворів 5;
- свердління отвору 6 та нарізання різьби;
- фрезерування отвору 7;
- внутрішнє шліфування отвора 4.

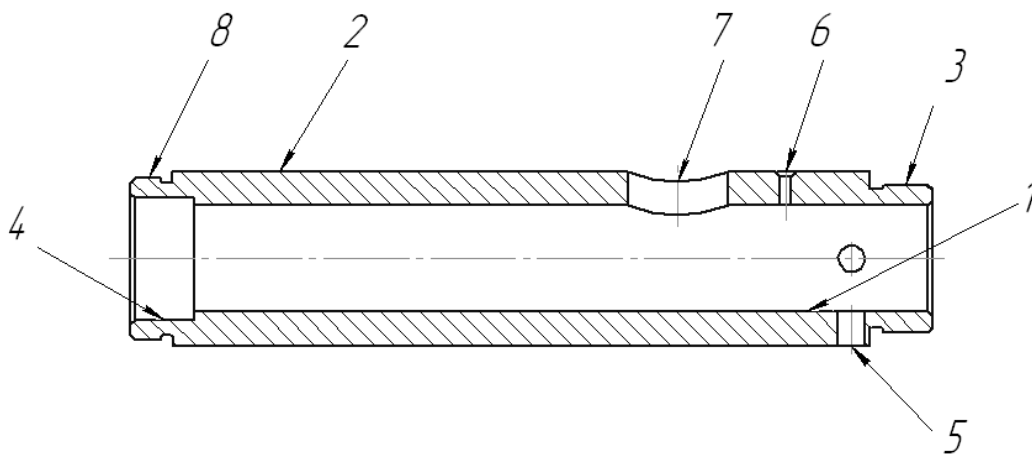


Рис. 1 – типові поверхні корпусу

2. Вибір типу пристосування для фрезерування поверхні Ø90 H7

Схема базування заготовки і типу установочних елементів визначенні технологом. Розглянемо пристосування для фрезерних станків, передбачаючи вертикально-фрезерну операцію.

В серійному виробництві задача підвищення виробництва и полегшення праці робочих являється головною, тому пристосування мусить бути швидкодіючим, тобто максимально оснащеними механізованими силовими приводами, а в ряду випадків напівавтоматичними.

Наряду з цим в серійному виробництві до конструкцій пристосувань представляється ряд додаткових вимог, що витікають із специфіки даного виробництва:

1) скорочення термінів та собівартості підготовки виробництва, що в умовах великої номенклатури та частоті зміни об'єктів виробництва має вирішальне значення;

2) скорочення часу на переналагодження устаткування, що дуже важливо при впровадженні групових технологічних процесів і організації групових потоків у серійному машинобудуванні;

3) економічність пристосувань.

Найбільшою мірою зазначеним вимогам відповідають переналагоджувані (групові та універсальні) і універсально-збірні (система УСП) пристосування, а також спеціалізовані налагоджувальні пристосування (система СНП).

У середньо-серійному виробництві широко застосовуються швидкодіючі спеціалізовані і спеціальні пристрої з пневмо і гідроприводом.

Задовольняючи умовами даного завдання, вибираємо пристосуванням для фрезерного верстата лещата з гідравлічним затиском.

2.1. Опис конструкції і принцип роботи пристрою

Пристосування спеціалізоване універсально-безналадочне з гідроприводом, призначено для базування і закріплення заготовок пустотілих циліндрів, валів при фрезеруванні на вертикально-фрезерному станку 6Р13.

Пристосування має корпус 1, до якого за допомогою болтів 18 туго закріплена призма 2. По бокам призми розташовані прихвати 9, до яких за допомогою болтів 21 прикріплені прижими 3. На нижній частині корпусу закріплюються направляючі шпонки 12, за допомогою яких пристосування базується на столі станка. Закріплення пристосування на столі здійснюється за допомогою болтів 15.

Пристосування працює наступним чином. Заготовку встановлюють на призму 2 і закріплюють прихватами 9. При подачі масла під тиском в порожнину гідроциліндра 4, поршень разом із штоком 7 рухається вправо, тиснуть на правий прихват, який прижимає з невеликим зусиллям заготовку до призми. Зусилля закріплення на правий прихват передається від шток-поршня гідроциліндра через проушину 11 і вісь 10. Таким чином, здійснюється закріплення заготовки. Для розжимутиск масла зменшується, штовхач відходить назад, тягне за собою прихват і відпускає заготовку.

						Арк.
						7
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2. Розрахунок сил закріплення

Розраховуємо швидкість різання за формулою:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v$$

де:

D – діаметр фрези;

T – період стійкості;

t – глибина фрезерування;

S_z – подача на зуб;

B – ширина фрезерування;

Z – число зубів фрези;

K_v – общий поправочный коэффициент, уточняющий фактичні умови різання,

$$K_v = 1,08$$

Частоту обертів фрези найдем по формулі:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 37,031}{3,14 \cdot 63} = 491,39$$

Найблища стандартна частота по паспорту станка , тому виправимо значення швидкості:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 63 \cdot 500}{1000} = 37,68$$

Знаходимо окружну силу при фрезеруванні по формулі:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 0,1^{0,86} \cdot 0,1^{0,72} \cdot 64^1 \cdot 2}{64^{0,86} \cdot 500^0} \cdot 0,93 = 52H$$

					Арк.
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	7

Величини інших складових сили різання знайдемо через окружну силу.

Горизонтальна сила (подачі) $P_h = 0,4 \cdot P_z = 0,4 \cdot 52 = 20,8 \text{ Н}$.

Вертикальна сила $P_v = 0,9 \cdot P_z = 0,9 \cdot 52 = 46,8 \text{ Н}$.

Радіальна сила $P_y = 0,4 \cdot P_z = 0,4 \cdot 52 = 20,8 \text{ Н}$.

Осьова сила $P_x = 0,55 \cdot P_z = 0,55 \cdot 52 = 28,6 \text{ Н}$.

Висновки

Розроблено технологічний процес виготовлення деталі – корпуса, що є захисною зовнішньою оболонкою для усіх деталей червячного преса.

Провели розрахунок на силу закріплення деталі.

						Арк.
						7
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Л.Б. Радченко Переробка термопластів методом екструзії.-К.: Київ, 1999.-219с.
2. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств: Примеры и задачи: Учеб. пособие для студентов вузов/ М. Ф. Михалев, Н. П. Третьяков, А. И. Мильченко, В. В. Зобнин. Под общ. ред. М. Ф. Михалева. Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1984. – 301 с., ил.
3. Черв'як екструдера / Мікульонок Ігор Олегович [UA], Виноградов Євгеній Юрійович [UA]; Заявка № u200909282, опбл. 11.01.2010.
4. Черв'як екструдера / Возна Анна Сергіївна, Мікульонок Ігор Олегович [UA]; Заявка № u201003725, опбл. 11.10.2010.
5. Черв'як екструдера / Мікульонок Ігор Олегович, [UA], Новік Валерій Олександрович [UA]; Заявка № u2002075454.
6. Змішувальна секція черв'яка екструдера / Ковбаса Катерина Петрівна, [UA], Кучерявий Олександр Павлович [UA], Лукач Юрій Юхимович [UA]; Заявка № u201000340.
7. Основи охорони праці. В.Ц. Жидецький, В.С. Джигирей, О.В. Мельников. —Львів: Афіша, 1999.К. Н. Ткачук, Д. Ф. Іванчук, Р. В. Сабарно, А.Г. Степанов. Справочник по охране труда на промышленных предприятиях—К.: Техніка, 1991.
8. Щербина В.Ю., Чемерис А.О., Конструкторське проектування обладнання. Курсовий проект [Електронний ресурс] / Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2018. – 38 с. URL:<http://ela.kpi.ua/handle/123456789/25664>
9. Басов Н.И. Расчет и конструирование оборудования для производства полимерных материалов / Н.И. Басов, Ю.В. Казанков, В.А. Любартович В. – М.: Химия, 1986. – 488 с.
10. Малиновский В.В. Расчеты оборудования химических производств. Примеры и задания. / В.В. Малиновский, И.В. Коваленко. - Киев: УМК ВО, 1988.- 220 с.
11. Малиновский В.В. Тепловые процессы в технологии переработки пластмасс. Текст лекций / В.В. Малиновський.- Киев: КПИ, 1980.-68с.

					Арк.
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
					7

12. Щербина В.Ю., Лобко С.С., Васильченко Г.Н., Лелека С.В. О повышении энергоэффективности вращающихся печей. *Матеріали для роботи в екстремальних умовах -6: 28 міжнар. конф.* Київ, НТУУ «КПІ», ІФФ, 2016. С. 374—380. URL: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/20392>

13. Коваленко І.В. Основні процеси, машини та апарати хімічних виробництв. Підручник. / І.В. Коваленко, В.В. Малиновський. Київ: “Інрес-Воля” 2006р.- 261с.

14. Щербина В.Ю., Методологія проектування. Конспект лекцій [Електронний ресурс] / Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. 2018. – 77 с. URL: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/25673>

15. Івіцький І.І., Соловей В.В., Сокольський О.Л., Олексішен В.О. "Вплив параметрів тривимірного друку на фізико-механічні властивості виробів із термопластів". *Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження.* 2018. N 1. С. 17-24. DOI:[10.20535/2306-1626.1.2018.143344](https://doi.org/10.20535/2306-1626.1.2018.143344).

16. Сокольський О.Л., Дагдій В.М.. "Моделювання процесу видуву ПЕТ-тари із преформ". *Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження.* 2018. N 1. С. 60-65. DOI: [10.20535/2306-1626.1.2018.143381](https://doi.org/10.20535/2306-1626.1.2018.143381).

17. Шилович Т.Б., Малин Е.Д., Блайвас І. Ю. "Удосконалення технології виробництва вологостійкого тарного картону". *Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження.* 2017. N 1. С. 49-52. DOI: [10.20535/2306-1626.1.2017.119471](https://doi.org/10.20535/2306-1626.1.2017.119471)

18. Shcherbina V., Shvachko D., Borshchik S. Heat exchange simulation in energy zones of a rotary kiln with change of heat resistance of the body. *Technology audit and production reserves* 2019. №6/1(50). pp. 36-41. DOI: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2019.189169>

ДОДАТОК А
ТАБЛИЦЯ РОЗГЯНУТИХ ПАТЕНТІВ

						Арк.
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

№	Патент пошуку	Автор, країна	Суть загального технологічного рішення
1	№ 1682197 Екструзійна голівка.	Котов С.Б Сенатос В.А. Мозирський В.І. СРСР	<p>Винахід відноситься до галузі переробки пластмаси. Воно може бути використано для виробництва рукавних плівок та труб. Мета виробу — підвищення якості виробу шляхом забезпечення інтенсифікації процесу змішання потоків розплаву матеріалу. Для цього екструзійна голівка має корпус та дорн. На поверхні дорну виконані спіральні розподільні канали з перемінною площею поперечного перерізу. Між ними утворені гребені. Дорн встановлений з можливістю контакту з частиною поверхні кожного гребеня з внутрішньою поверхнею корпусу. На поверхні дорну виконані щільові пази для з'єднання суміжних спіральних розподільних каналів.</p> <p>Робочий канал перемінного перерізу утвореним між іншою поверхнею гребеня та внутрішньою поверхнею корпусу. Щільові пази розділяють поверхні гребеня. При роботі голівки відбувається накладання потоків розплаву, які поступають з розподільних каналів. При цьому дефектні ділянки піддаються деформаціям сгину. При переході розплаву в робочий канал напрям деформації змінюється. Це призводить до підвищення змішувального ефекту.</p>

2	№1685737 Пристрій для виготовлення рукавної полімерної плівки	ЛИБЕРМА Н СЕМЕН ЯНКЕЛЬЕВ ИЧ, ВЕРТЯЧИХ ИГОРЬ МИХАЙЛО ВИЧ, ГОЛЬДАДЕ ВИКТОР АНТОНОВ ИЧ, ГОНЧАРОВ ГРИГОРИЙ АНАТОЛЬЕ ВИЧ, ПИНЧУК ЛЕОНИД СЕМЕНОВ ИЧ, РЕЧИЦ ГРИГОРИЙ ВЛАДИМИ РОВИЧ	<p>Винахід відноситься до галузі переробки пластмаси, зокрема до пристроїв для виготовлення рукавної полімерної плівки. Мета винаходу — підвищення надійності в роботі пристрою та якості отриманої плівки за рахунок покращення її антикорозійних властивостей. Для цього пристрій включає екструзійну голівку з полим корпусом. В дорне виконані канали для подачі зтиснутого повітря та для подачі інгібітора корозії і забезпечено змонтованою полою камерою з входними отворами, соосно встановленими в її полості геометричним поплавком з клапанами. Камера під дією входного отвору — з каналом для подачі інгібітора корозії.</p> <p>Камера допоміжно оповіщена з каналом подачі зтиснутого повітря. Геометричний клапан виконан у формі сільфона. Підігрітий подають в полу камеру. Геометричний поплавок впливає. Інгібітор поступає через канал для його подачі у подлость рукава. При цьому інгібітор розтікається по поверхні дорну. Необхідний рівень інгібітора підтримують шляхом зміни висоти установки камери відносно поверхні дорна. Екструдіруєми рукав знаходиться у постійному контакті з усією поверхнею інгібітора. Це забезпечує ефективну дифузю інгібітора в толщу рукава. Зміна рівня інгібітора дозволяє варіювати антикорозійним властивостям рукава, збільшується якість отриманої рукавної плівки. Відходить необхідність у регенерації інгібітора, збільшується надійність в роботі пристрою</p>
---	--	---	---

3	UA№60882 Екструзійна головка для виробництва виробів з полімерних матеріалів	СВІДЕРСЬ КИЙ В. А. ПЕТУХОВ А. Д. КОЛОСОВ О. Є. ОСЬМАКО В О. Г. БІЛЬ В. А. ПЕТУХОВ М. А.	Екструзійна головка для виробництва виробів з полімерних матеріалів, що містить корпус, який утворює з ним кільцевий формуючий зазор, дорн та розподільник розплаву, встановлений з можливістю обертання, яка відрізняється тим, що розподільник розплаву виконаний у вигляді втулки з радіальними отворами, встановленої із зазором між корпусом і дорном.
4	UA№100178 Формуюча головка екструдера	Назарчук В. В. Двойнос Я. Г.	Формуюча головка належить до галузі обладнання для переробки пластмас і може бути використана при виготовленні профільних виробів зі спінених полімерів. Формуюча головка екструдера містить корпус, проміжну матрицю, матрицю, решітку дорн та проміжний дорн.

ДОДАТОК Б
Розрахунок на ЕОМ

						Арк.
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

У даному підрозділі розроблено програму для розрахунку черв'яка на стійкість. Її зміст:

```

program Rozrahunok chervyaka;
uses crt;
var N, N1, NU_MUF, NU_RED, Q, L, G, L_WORK, D, E, P, SIGMA,
GB, L1: REAL;
const M = 47396;
      M1 = 2;
      dm = 3;
      NY = 2;
PROCEDURE MOMENT;
VAR X1 : REAL;
BEGIN
X1:=9550*(N/N1)*NU_MUF*NU_RED*NU_MUF;
TEXTCOLOR(RED);
WRITELN('M(KP) = ', X1);
END;

PROCEDURE INERTIA;
VAR X0, X2, X3, X4 : REAL;
X1: REAL;
BEGIN
X2:=(3.1415926*D*D*D*D)/64;
X3:=(3.1415926*D*D)/4;
x4:=abs(x2/x3);
X1:=SQRT(x4);
X0:=(M1*L_WORK)/X1;
WRITELN('I = ', X1);
{WRITELN('I = ', x2);
WRITELN('I = ', x3);}
WRITELN(' ');
TEXTCOLOR(RED);
WRITELN('LAMDA = ', X0);
END;

PROCEDURE KRIT;
VAR X1 : REAL;
BEGIN
X1:=(PI*PI*E*1185)/(4*L_WORK*L_WORK);
TEXTCOLOR(RED);
WRITELN('P(KP) = ', X1, '    P(KP) > P');
END;

```

```

PROCEDURE STIYKIST;
VAR X1,X2,X3 :REAL;
BEGIN
WRITELN('G <= [G](Y)');
WRITELN(' ');
X1:=P/67.9;
X2:=0.19*(GB/2);
X3:=GB/2;
TEXTCOLOR(GREEN);
IF X3>=X2 THEN WRITELN('THE CONDITION IS CARRIED OUT
[G](Y)= ',X2)
ELSE BEGIN WRITELN(' ');TEXTCOLOR(RED); WRITELN(' EROR
!!! THE CONDITION IS NOT CARRIED OUT [G](Y)= ',X2);
END;
TEXTCOLOR(RED);
END;

```

```

PROCEDURE MAXX;
VAR X1,X2,X3,X4 :REAL;
BEGIN
X1:=(Q*L1)/2;
X2:=(PI*(D*D*D*D-dm*dm*dm*dm))/(32*D);
X3:=M/X2;
X4:=X3+(P/68);
WRITELN('M(MAX) = ',X1);
WRITELN('W = ',X2);
WRITELN('G(3) = ',X3);
TEXTCOLOR(RED);
WRITELN(' ');
WRITELN('G(EKB) = ',X4);
END;

```

```

begin
clrscr;
WRITELN('----- ');
WRITELN(' ');
writeLN('CALCULATION OF THE WORM');
WRITELN(' ');
WRITELN('----- ');
WRITELN(' ');
writeLN('INPUT POWER');
READLN(N);
writeLN('INPUT NUBER OF ROTATE');
READLN(N1);

```

```

writeLN('INPUT KPD MUFTI ');
READLN(NU_MUF);
writeLN('INPUT KPD REDUSER ');
READLN(NU_RED);
writeLN('INPUT Q ');
READLN(Q);
writeLN('INPUT LENGTH OF THE WORM ');
READLN(L);
G:=Q/L;
writeLN('INPUT WORKING LENGTH OF THE WORM ');
READLN(L_WORK);
writeLN('INPUT DIAMETR OF THE WORM ');
READLN(D);
writeLN('INPUT E ');
READLN(E);
writeLN('INPUT P');
READLN(P);
{ writeLN('INPUT SIGMA ');
  READLN(SIGMA); }
writeLN('INPUT LIMITS G ');
READLN(GB);
writeLN('INPUT L1 ');
READLN(L1);

```

```

CLRSCR;
WRITELN(' ');
MOMENT;
WRITELN(' ');
writeLN('G= ',G);
WRITELN(' ');
WRITELN(' ');
INERTIA;      {2}
WRITELN(' ');
WRITELN(' ');
KRIT;         {3}
WRITELN(' ');
WRITELN(' ');

```

```

STIYKIST;     {4}
WRITELN(' ');
WRITELN('----- ');
MMAX
END.

```

Далі наведено результати розрахунку:

$$M(KP) = 8.4671592923E+03$$

$$G = 3.1321619557E-01$$

$$I = 1.5200000000E+00$$

$$LAMD A = 3.4447368421E+02$$

$$P(KP) = 8.9585581019E+04 \quad P(KP) > P$$

$$G \leq [G](Y)$$

$$\text{THE CONDITION IS CARRIED OUT } [G](Y) = 9.5000000000E+01$$

$$M(MAX) = 1.0733800000E+04$$

$$W = 1.7931665883E+01$$

$$G(3) = 2.6431453892E+03$$

$$G(EKB) = 3.2977042128E+03$$

						Арк.
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

ДОДАТОК В
ОСОБИСТІ ДОСЯГНЕННЯ

						Арк.
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Тези
Модернізація головки екструдера

Дзекунов Г. О. ,студент гр. ЛП-61-1, Васильченко Г. М. к.т.н, доцент

Національний технічний університет України

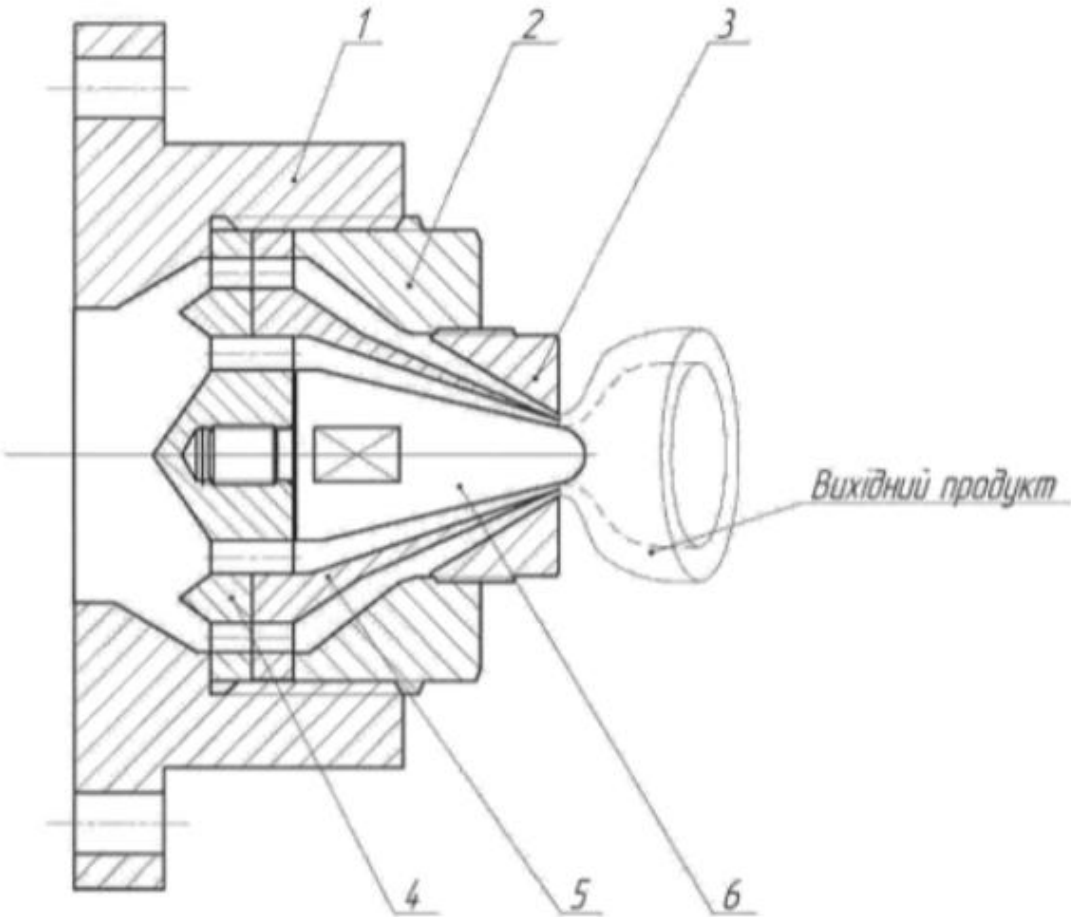
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ
Рукавна плівка використовується у багатьох промислових підприємствах. Такі властивості поліетиленової плівки, як еластичність і непроникність для вологи, дозволяють застосовувати її в якості упаковки для харчової та непродовольчої продукції. Одна з найбільш цінних властивостей поліетиленової плівки — її прозорість. Це дає можливість споживачеві бачити виріб і оцінювати якість товару через прозору поверхню, що підвищує конкурентоспроможність і привабливість продукції /1,2/. Для забезпечення та покращення якості виробу, було запропоновано вдосконалення трубної голівки черв'ячного екструдера, що повинне покращити якість кінцевої продукції /3/. Розплав полімеру надходить до формуючого інструмента з екструдера, далі рухається по каналах, що сформовані геометрією дорна 6 і проміжного дорна 5, матрицею головки та корпусу 3, 2 до виходу. Основний потік розділяється на два потоки за допомогою решітки 4 та проміжного дорна 5. На виході з головки потік знову стає суцільним.

Запропонована модернізація має серйозні недоліки, яка в деяких випадках може привести до протилежного результату: замість поліпшення гомогенізації матеріалу отримання продукції погіршеної якості. Це визначається різницею температури і тиску в різних в двох каналах. Оціночні розрахунки по температурі і тиску показали, що ці відмінності можуть призвести до отримання двошарової плівки з відмінними властивостями і деформаційними дефектами.

+На даний момент проводиться уточнений розрахунок полів температури і тиску в залежності від геометричних характеристик каналів і умов експлуатації екструдера /4/. Попередньо зроблено висновок про необхідність створення адіабатної оболонки для вирівнювання температури розплаву в

						Арк.
						9
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

каналах ГОЛОВКИ.



ДОДАТОК Г
Тепловий розрахунок

						Арк.
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Залежність теплових витрат від температури

T2, K	Qk, W	Ql, W	Qk+Ql, W
473	976	2743	3719
453	848	2224	3072
433	723	1780	2503
413	600	1391	1991
393	481	1055	1536
373	367	768	1135
353	258	522	780
333	157	315	472

де

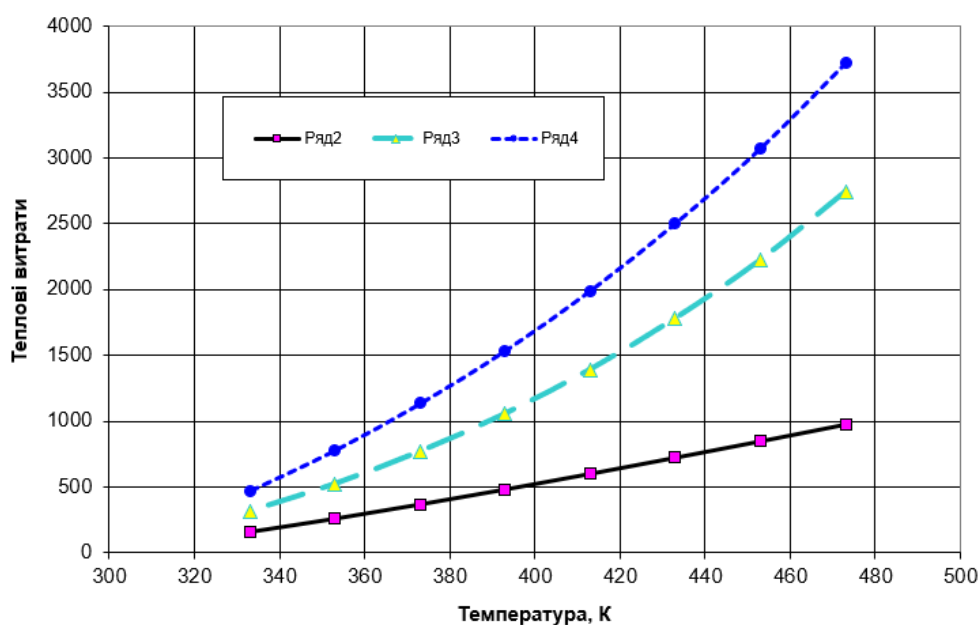
T2- температура матеріала

Qk,W - конвективна складова теплових втрат

Ql, W - лучиста складова теплових втрат

Qk+Ql, W - теплові втрати через поверхню корпусу

Залежність теплових витрат(Вт) в залежності від температури матеріалу



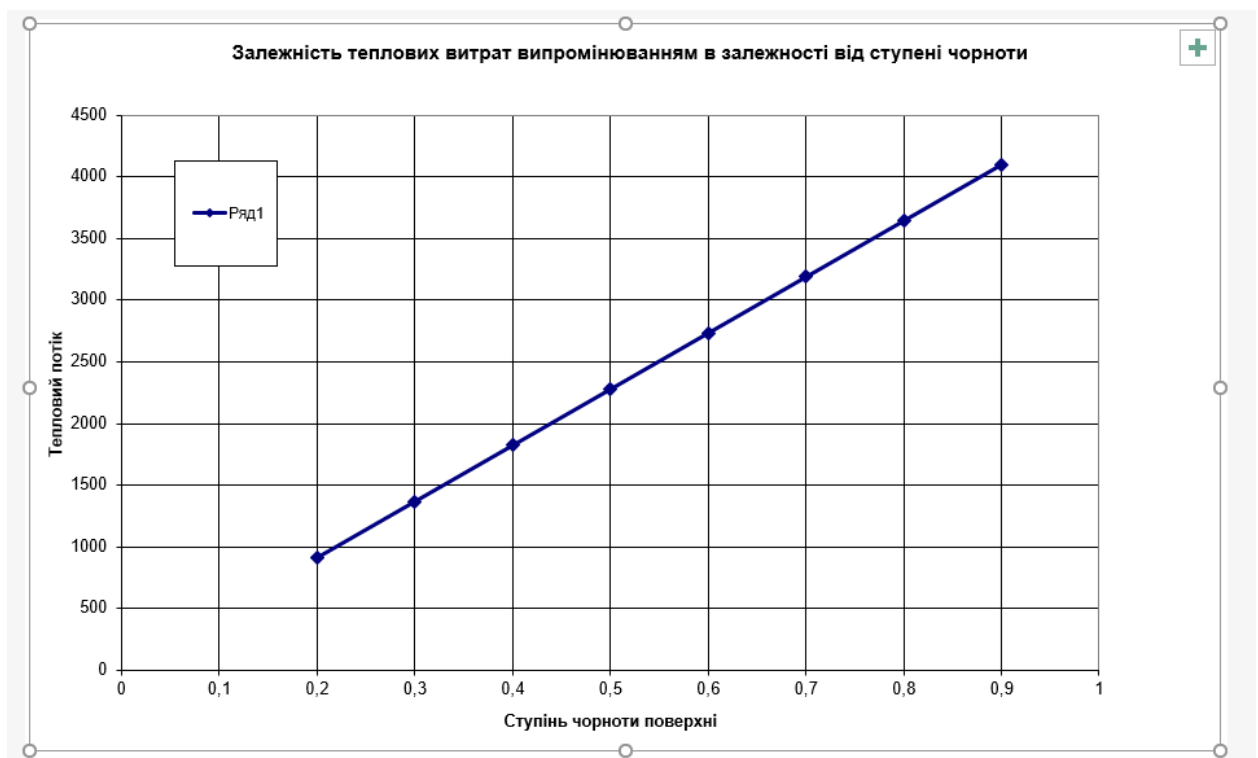
Залежність теплових витрат випромінюванням в залежності від ступені чорноти

E	T2=473K	T2=423K	T2=373K	T2=323K
0,9	4100	2367	1151	338
0,8	3644	2104	1023	300
0,7	3189	1841	895	263
0,6	2733	1578	768	225
0,5	2277	1315	640	188
0,4	1822	1052	512	150
0,3	1367	789	384	113
0,2	911	526	256	75

де

E-излучательная способность

T2 - температура поверхности корпуса



						Арк.
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Специфікації

						Арк.
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Формат	Зона	Поз.	Обозначение		Наименование	Шифр			Кол.	Прим.
						Входим.	Произв.	Серийн.		
		16			Шпилька М24х145				30	
		17			Плита азбестова				1	
		18			Кільце				1	
		19			<u>Дороботка корпусу</u>				1	
		20			Гвинт М30				15	
		21			Шпилька М30х220				10	
		22			<u>Дорнотримач</u>				1	
					<u>Модернізація</u>					
		23			Дорн				1	
		24			Дорн проміжний				1	
		25			Перехідник				1	
		26			<u>Основання</u>				1	
		27			Фланець				1	
		25			Прокладка				1	
					<u>Лист азбестовий</u>					
		29			Кільце				1	
		30			<u>Розсікач</u>				1	
		31			Болт М16х45				12	
		32			<u>Винт М24х96</u>				12	
		33			Болт М30х120				30	
		35			Гвинт М16х30				7	
		36			<u>Шпилька М30х110</u>				12	
		37			Перехідник				4	
		38			Перехідник				5	
										Лист
										2
<u>Изм.</u>	Лист	№ докум.		Підпись	Дата					

[illegible]

4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Шифр			Кол.	Прим.
					Входим.	Произв.	Серийн.		
				<u>Документация</u>					
A1				Сборочный чертеж				1	
				<u>Сборочные единицы</u>					
A4		1		Станина				1	
A4		2		Корпус				1	
A4		3		Опора				1	
A4		4		Система охлаждения				1	
A4		5		Опора				1	
A4		6		Воронка загрузочная				1	
A4		7		Перегородка				1	
A4		8		Подставка				1	
A4		9		Перегородка				2	
A4		10		Перегородка				1	
A4		11		Система смазки				1	
A4		12		МУВП 2000-70-1.1-55-1.1				1	
A4		13		Патрубок				1	
A4		14		Выталкиватель червяка				1	
A4		15		Узел упорного подшипника				1	
A4		16		Редуктор				1	
				(с доработкой)					
A4		18		Опора				1	

					ЛП61-1.04.72450.002 СП			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разработ.	Дзюкина				Пресс червячный ЧП90х30	Лит.	Лист	Листов
Пров.							1	4
Кермник	Васильченко							
Н. контр.								
Утв.								

						Арк.
						1
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		